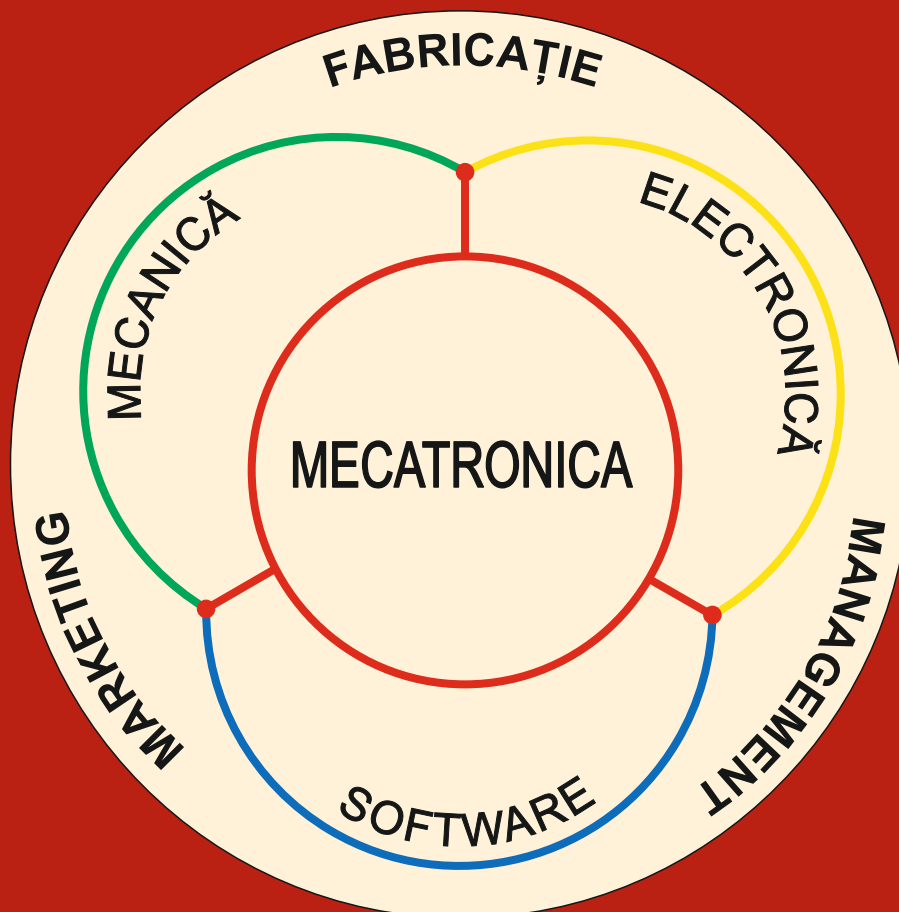


COORDONATORI:

Vistrian Mătieș, Simona Noveanu, Liliana Dache

PLATFORMA NAȚIONALĂ DE MECATRONICĂ

Motorul dezvoltării societății sustenabile



U.T.PRESS
Cluj-Napoca, 2025
ISBN 978-606-737-775-0

**Coordonatori: Prof.univ.dr.ing. Vistrian MĂTIEȘ
Conf.univ.dr.ing. Simona NOVEANU
Dr.ing. Liliana DACHE**

PLATFORMA NAȚIONALĂ DE MECATRONICĂ
Motorul dezvoltării societății sustenabile



U.T.PRESS
Cluj - Napoca, 2025
ISBN 978-606-737-775-0



Editura U.T.PRESS
Str. Observatorului nr. 34
400775 Cluj-Napoca
Tel.: 0264-401.999
e-mail: utpress@biblio.utcluj.ro
www.utcluj.ro/editura

Recenzia: Prof.univ.dr.ing. Luciana Cristea
Prof.univ.dr.ing. Ioan Ciascai

Coperta: Călin Rusu

Tehnoredactare: Autorii

Pregătire format electronic on-line: Gabriela Groza

Copyright © 2025 Editura U.T.PRESS
Reproducerea integrală sau parțială a textului sau ilustrațiilor din această carte este posibilă numai cu acordul prealabil scris al editurii U.T.PRESS.

ISBN 978-606-737-775-0

CUPRINS

INTRODUCERE	1
COORDONATORI	7
I. POTENȚIALUL INOVATOR AL INGINERIEI MECATRONICE PENTRU DEZVOLTAREA SOCIETĂȚII SUSTENABILE	11
1. PROBLEME FUNDAMENTALE PRIVIND DEZVOLTAREA SOCIETĂȚII SUSTENABILE	13
1.1. Principalele evenimente care au conturat principiile sustenabilității și dezvoltării sustenabile	13
1.1.1. Noțiuni generale	13
1.1.2. Clubul de la Roma	13
1.1.3. Revoluția mecatronică în Japonia	15
1.1.4. Revoluția mecatronică în SUA și UE	16
1.1.5. Evenimente la nivelul ONU	17
1.2. Agenda ONU 2030. Obiectivele dezvoltării societății smart și sustenabile	20
1.3. Strategia națională privind dezvoltarea sustenabilă	24
2. SMART CITY ȘI INTELIGENȚA ARTIFICIALĂ	27
2.1. Conceptul Smart City	27
2.1.1. Pilonii de bază ai platformelor smart city	29
2.2. Fundamentele inteligenței artificiale. Aplicații în dezvoltarea platformelor Smart City	30
2.2.1. Aspecte generale	30
2.2.2. Rețele neuronale artificiale. Perceptronul. Perceptronul multistrat	32
2.2.2.1 Perceptronul	33
2.2.2.2 Perceptronul multistrat	34
2.2.3. Modele de învățare profundă în diferite clase de probleme	36
2.2.3.1. Clasificarea obiectelor	38
2.2.3.2. Detecția obiectelor	41
2.2.3.3. Segmentarea obiectelor	43
2.2.4. Aplicații ale inteligenței artificiale în Smart City	48
2.2.4.1. Sisteme de transport inteligent	48
2.2.4.2. Securitatea	50
2.2.4.3. Sistem de gestionare a energiei pentru clădiri smart	51
2.2.4.4. Metodologia elaborării unui proiect în domeniu	54

2.3. Big Data și Cloud Computing în Smart City	57
2.3.1. Utilitatea Big Data în Smart City	57
2.3.2. Caracteristicile Big Data	59
2.3.3. Cloud Computing ca potențiator al Big Data în Smart City	60
2.3.3.1. Modele de servicii cloud computing	61
2.4. Smart City în România	63
3. BAZELE INGINERIEI MECATRONICE	73
3.1. Tehnologia mecatronică	73
3.2. Evaluarea cantitativă și calitativă a informației	77
3.3. Purtători de informație. Semnale	79
3.4. Mecatronica-Știința mașinilor inteligente	83
3.5. Educația mecatronică	84
3.6. Dezvoltarea mecatronicii ca disciplină tematică în mediul academic	86
3.7. Mecatronica-identitate, legitimitate, selecție și comunicare	87
3.7.1. Cele patru aspecte ale mecatronicii	87
3.7.2. Dublul aspect al legitimității mecatronicii	89
3.7.3. Cele două dimensiuni ale selecției și ale comunicării în mecatronică	90
3.8. Mecatronica în educație și în practica inginerescă	92
3.9. Rețele de lucruri inteligente, IoT și Cyber Physical Systems	94
3.10. Modernizarea produselor mecatronice	98
3.11. Legătura dintre mecatronică și stilul de viață al japonezilor	100
3.11.1. Media	100
3.11.2. Îmbinare	101
3.11.3. Curat	102
3.11.4. Delicat	102
3.11.5. Educația	102
3.11.6. Flexibilitate	102
4. DIGITIZAREA MĂRIMILOR MECANICE	105
4.1. Generalități	105
4.2. Digitizarea distanței și detecția poziției	106
4.3. Digitizarea vitezei, turației și accelerației	113
4.4. Digitizarea forței, greutatei și presiunii	117
4.5. Digitizarea nivelului și debitului	123
4.6. Digitizarea temperaturii	128

5. PROIECTAREA INTEGRATĂ ȘI INTERFAȚAREA SISTEMELOR MECATRONICE	137
5.1. Principii și metode utilizate în procesul de proiectare a sistemele mecatronice	138
5.2. Modelarea și simularea sistemelor mecatronice	141
5.3. Prototipare fizică și validare funcțională	146
5.4. Studiu de caz: proiectarea unui robot paralel cu două grade de mobilitate	149
5.4.1 Analiza structurală și cinematică	149
5.4.2 Dezvoltarea modelului virtual	152
6. MECATRONICA-Mediu pentru educație smart, învățare organizațională și dezvoltare sustenabilă	161
6.1. Evoluția în dezvoltarea tehnologiei, a societății și a educației	161
6.1.1. Evoluția tehnologică	161
6.1.1.1. Deschideri în dezvoltarea tehnologică datorate celei de a patra revoluții industriale	165
6.1.1.2. A patra revoluție industrială pentru domeniul electric și electronic	167
6.1.2 . Evoluția societății și a educației în acord cu tehnologia	172
6.1.3. Influența educației și formării profesionale în evoluția tehnologiei și societății	175
6.1.4. Abordarea transdisciplinară a educației	184
6.1.4.1. Evoluția de la disciplinaritate la transdisciplinaritate în educație	184
6.1.4.2. Abilități transdisciplinare	186
6.2.Învățarea organizațională	188
6.2.1. Conceptul de Organizație care învață	188
6.2.2. Disciplinele organizației care învață	191
6.2.3. Viziunea lui Deming asupra educației	197
6.3. Analogia om – mașină inteligentă	199
6.3.1. Inteligență, conștiință, conștiență	199
6.3.2. Structura anatomică om – mașină inteligentă	203
6.3.2.1. Analiza funcției de percepție	209
6.3.2.2. Analiza funcției de cunoaștere	211
6.3.2.3. Analiza funcției de execuție	213
6.3.3. Transmiterea informației la om și mașina inteligentă	215
6.3.4. Componenta software pentru om și mașina inteligentă	217
6.3.5.Importanța analogiei om-mașină inteligentă pentru dezvoltarea inteligenței intrapersonale	218

6.3.6. Organismul uman, generator de câmp electric și magnetic	220
6.3.6.1. Proprietățile electrice ale membranei celulare	220
6.3.6.2. Rolul pompei ionice Na-K în structurarea organismului uman	226
6.4. Platforme mecatronice pentru aplicații educaționale	230
6.4.1 Conceptul de platformă mecatronică	230
6.4.1.1. Experimentul pe platforme mecatronice	231
6.4.2. Platforme mecatronice pentru studiul acționării și controlului în aplicațiile industriale	233
6.4.2.1. Platforme mecatronice pentru studiul acționărilor pe bază de actuatori hidraulici	233
6.4.3. Potențialul inovator al platformelor mecatronice pe bază de module Lego Mindstorms pentru aplicații educaționale și în cercetare	236
6.4.3.1. Structura de bază a platformelor	236
6.4.3.2. Prototiparea rapidă la scară a platformelor mecatronice pe bază de module LEGO Mindstorms	239
6.5. Platforme mecatronice specifice concursului First Tech Challenge	247
6.5.1. Contextul demersului științific	247
6.5.2. Pregătirea și desfășurarea concursului național First Tech Challenge	249
6.5.2.1. Etapele de pregătire în vederea participării la concurs	249
6.5.2.2. Prezentarea probelor de concurs	251
6.5.3. Structura și funcționarea robotului	254
6.5.3.1. Cerințe tehnico-funcționale	254
6.5.3.2. Sistemul de comandă și control al robotului	254
6.5.3.3. Programarea robotului	257
6.5.4. Promovarea concursului în comunitate	258
6.5.5. Sistematizarea problemelor specifice organizațiilor care învață în pregătirea și desfășurarea concursului	261
7. POTENȚIALUL INOVATOR al PLATFORMEI NAȚIONALE DE MECATRONICĂ pentru dezvoltarea societății sustenabile	269
7.1. Dezvoltarea mecatronicii în România	269
7.2. Structura Platformei Naționale de Mecatronică	276
7.2.1. Detalii privind proiectul Flexform	276
7.2.2. Structura Platformei Naționale de Mecatronică	278
7.3. Detalii privind proiectul România Smart: Țara comunităților care învață	279

7.3.1. Parteneriatul pentru implementarea proiectului	286
7. 3. 2. Cadrul organizatoric privind dezvoltarea proiectului	287
II. CENTRELE REGIONALE DE EXCELENȚĂ ÎN MECATRONICĂ MOTOARELE DEZVOLTĂRII COMUNITĂȚILOR SUSTENABILE	
8. CENTRUL DE CERCETARE SISTEME DE ENERGII REGENERABILE ȘI RECICLARE BRAȘOV (RESREC)	293
8. DEZVOLTAREA DE RESURSE PENTRU COMUNITĂȚI DURABILE ÎN CENTRUL DE CERCETARE RESREC	294
8.1. Comunități durabile	294
8.2. Centrul de cercetare RESREC	296
8.2.1. Programe de studii	297
8.2.2. Cercetare științifică	300
8.3. În loc de concluzii	318
9. CENTRU REGIONAL DE EXCELENȚĂ ÎN MECATRONICĂ BRAȘOV	320
9. PLATFORMĂ MECATRONICĂ PENTRU EDUCAȚIE, FORMARE ȘI CERCETARE-DEZVOLTARE TEHNOLOGICĂ LA UNIVERSITATEA TRANSILVANIA DIN BRAȘOV	322
9.1. Componenta formativă	324
9.1.1. Mecatronica – un program de licență de succes	324
9.1.2. Sisteme Mecatronice pentru Industrie și Medicină – Continuarea studiilor prin masterat	325
9.2. Baza materială	326
9.2.1. Bază didactică multidisciplinară pentru pregătirea de excelență în domeniul modelării, prototipării și programării sistemelor mecatronice	327
9.2.1.1. Stand pentru studiul componentelor pneumatice și electropneumatice ale sistemelor mecatronice	328
9.2.1.2. Stand pentru studiul senzorilor din sistemelor mecatronice	329
9.2.1.3. Stand pentru studiul modulelor HMI (Human Machine Interface)	331
9.2.1.4. Stand pentru studiul componentelor electrice ale sistemelor mecatronice	331
9.2.1.5. Stand pentru programarea sistemelor mecatronice cu automate programabile SIEMENS S7-1200	333
9.2.1.6. Stand pentru programarea sistemelor mecatronice cu automate programabile SIEMENS S7-1500	335

9.2.1.7. Stand pentru programarea sistemelor mecatronice cu automate programabile FESTO FEC FC-640	336
9.2.1.8. Stand pentru simularea aplicațiilor sistemelor mecatronice	337
9.2.1.9. Stand pentru extragerea și manipularea reperelor cilindrice	338
9.2.1.10. Stand pentru extragerea, identificarea și transferul reperelor cilindrice	340
9.2.1.11. Stand pentru asamblarea reperelor cilindrice	341
9.2.1.12. Stand pentru controlul și sortarea reperelor cilindrice	342
9.3. Zilele Educației Mecatronice – Tradiție, Inovație și Excelență Academică	343
10. CENTRUL REGIONAL DE EXCELENȚĂ ÎN MECATRONICĂ BUCUREȘTI	347
10. EXCELENȚA ÎN EDUCAȚIE ȘI CERCETARE MECATRONICĂ LA UNIVERSITATEA NAȚIONALĂ DE ȘTIINȚĂ ȘI TEHNOLOGIE POLITEHNICA BUCUREȘTI	348
10.1. Istoric	348
10.2. Programe educaționale	351
10.3. Programe de cercetare	359
10.4. Facilități de cercetare-dezvoltare. Structura hardware și software a platformei	364
10.5. Cooperare națională și internațională	371
10.6. Participarea Universității Naționale de Știință și Tehnologie Politehnica București la manifestarea (ZEM)	373
10.7. Manifestări dedicate cunoașterii mecatronicii la nivel liceal	375
10.8. Colaborarea cu învățământul preuniversitar	377
10.9. Programe Educaționale	378
11. CENTRUL COORDONATOR AL PLATFORMEI NAȚIONALE DE MECATRONICĂ	381
11. CENTRUL REGIONAL DE EXCELENȚĂ ÎN MECATRONICĂ CLUJ	382
11.1 Introducere	382
11.2 Programe de cercetare	384
11.3 Programe de cooperare la nivel național	387
11.4 Programe de cooperare internaționale	389
11.5 Experiența în colaborarea cu învățământul preuniversitar	392

11.6 Structura platformei de mecatronică	396
11.7 Laboratorul de Tehnologii de prototipare rapidă la scara a sistemelor mecatronice	397
11.7.1 Descrierea laboratorului	397
11.7.2 Dotarea laboratorului	398
11.7.3 Instalații reprezentative	399
11.8 Laboratorul mobil de mecatronică	400
11.8.1 Introducere	400
11.8.2 Structura laboratorului mobil de mecatronică	401
11.8.3 Concepte utilizate în dezvoltarea aplicațiilor	402
12. CENTRUL REGIONAL DE EXCELENȚĂ ÎN MECATRONICĂ CRAIOVA	405
12. UNIVERSITATEA DIN CRAIOVA, PROMOTOARE A ȘTIINȚEI MECATRONICII	406
12.1. Introducere	406
12.2. Angajații DMR	409
12.3. Laboratoare în DMR	412
12.3.1. Laboratorul “Robotică și Sisteme flexibile de fabricație	412
12.3.2. Laboratoarele “Mecatronică” și “E-Mecatronică”	413
12.3.3. Laboratorul “Automate programabile”	413
12.3.4. Laboratorul “Structuri numerice”	414
12.3.5. Laboratorul “Multimedia pentru mecatronică și robotică”	414
12.3.6. Laboratorul “Inginerie și proiectare asistată de calculator”	415
12.3.7. Laboratorul “Prelucrarea imaginilor și recunoașterea formelor”	415
12.4. Acreditări și admiteri la specializările de licență coordonate de către DMR	417
12.5. Programele educaționale de master	417
12.6. Programe de studii postuniversitare	419
12.7. Programe de doctorat	418
12.8. Programe postdoctorale	419
12.9. Tematici ale proiectelor de licență și ale temelor de disertație abordate cu studenții în ultima perioadă	419
12.10. Colaborarea cu învățământul preuniversitar	420
12.11. Activitatea de cercetare prin programe naționale și internaționale	420
12.12. Cooperare cu universități din străinătate	423
12.13. Centrul de Cercetare al FACE (CERCA)	423

12.14. INCESA - Infrastructură de cercetare în științe aplicate	423
13. CENTRUL REGIONAL DE EXCELENȚĂ ÎN MECATRONICĂ IAȘI	425
13. EXCELENȚA ÎN EDUCAȚIE ȘI CERCETARE MECATRONICĂ LA IAȘI	426
13.1 Scurt istoric	426
13.2 Platforma mecatronică pentru cercetare, educație și formare	427
13.2.1 Oferta educațională	427
13.2.1.1 Studii de licență	427
13.2.1.2 Studii de master	429
13.2.1.3 Studii doctorale	430
13.2.2 Activitatea de cercetare	432
13.2.3 Infrastructura didactică și de cercetare	436
13.2.3.1 Laboratoare didactice	436
13.2.3.2 Laboratoare de cercetare	437
13.3 Cooperarea națională și internațională	442
13.3.1 Cooperare națională	442
13.3.2 Cooperare internațională	442
13.4 Colaborare cu învățământul preuniversitar	443
13.5 Acțiuni de promovare a mecatronicii	444
14. CENTRUL REGIONAL DE EXCELENȚĂ ÎN MECATRONICĂ ORADEA	445
14. EDUCAȚIE ȘI CERCETARE MECATRONICĂ LA UNIVERSITATEA DIN ORADEA	446
14.1. Scurt istoric	446
14.2. Programe de studiu	446
14.3. Colectivul departamentului de Mecatronică	447
14.4. Infrastructura	448
14.4.1. Laboratorul de Acționări Hidropneumatice (Bosch-Rexroth)	449
14.4.2. Laboratorul de Mecatronică	450
14.4.3. Laboratorul de Robotică și Sisteme de Fabricație Flexibilă	451
14.4.4. Laboratorul de Achiziții de Date, Senzori, Traductoare și Automate Programabile	452
14.4.5 Laborator de cercetare Materiale Inteligente și Nanotehnologii	453
14.5 Cercetare mecatronică la Oradea	454

15. CENTRUL REGIONAL DE EXCELENȚĂ ÎN MECATRONICĂ SIBIU	457
15. MECATRONICA ÎN CADRUL UNIVERSITĂȚII LUCIAN BLAGA DIN SIBIU	458
15.1. Scurt istoric	458
15. 2. Infrastructura didactică și de cercetare	459
15 2.1. Obiective	459
15.2.2 Laboratoare și direcții de cercetare	460
15.3. Programe educaționale	469
15.4. Colaborări cu mediul industrial	470
15.5. Creșterea calității programului de studiu	471
15.6. Concursurile RObotX și Eurobot	473
16. CENTRUL REGIONAL DE EXCELENȚĂ ÎN MECATRONICĂ SUCEAVA	477
16. MECATRONICĂ ȘI ROBOTICĂ LA UNIVERSITATEA „ȘTEFAN CEL MARE” DIN SUCEAVA	478
16.1. Start în mecatronică la Suceava	478
16.2. Scurtă prezentare a principalelor echipamente folosite de mecatronică	479
16.3. Dezvoltarea mecatronicii continuă la Suceava	484
16.4. Mecatronica - specializare susținută prin pasiune	490
16.5. Concluzii	491
17. CENTRUL REGIONAL DE EXCELENȚĂ ÎN MECATRONICĂ TIMIȘOARA	493
17.1 Introducere	494
17.2 Organizarea departamentului și cadrele didactice	494
17.3 Laboratoare coordonate în cadrul Departamentului de Mecatronică	497
17.4 Programe educaționale de licență	503
17.5 Programe educaționale de master	504
17.6 Programe de doctorat	504
17.7 Colaborarea cu învățământul preuniversitar	507
17.8 Activitatea de cercetare, programe naționale și internaționale	508
17.9 Cooperare internațională	510

Introducere

Se cunoaște că evoluția în dezvoltarea societății este strâns legată de tehnologie și de educație. Salturile în dezvoltarea tehnologică au fost determinate de revoluții. Istoria omenirii consemnează patru revoluții: revoluția materială, revoluția energetică, revoluția informatică și revoluția mecatronică.

Revoluția mecatronică s-a declanșat în Japonia, în contextul efortului susținut pentru reabilitarea economică după al Doilea Război Mondial (1956-1980). Cuvântul mecatronică a fost înregistrat ca marcă în 1971 de către Yaskawa Electric Corporation și, a fost utilizat pentru a descrie fuziunea tehnologică: *mecanică-electronică-software*. Mecatronica s-a născut ca tehnologie modernă, pentru a salva resursele de material-energie și pentru a reduce costurile, prin realizarea de produse și sisteme inteligente.

Comparativ cu tehnologia convențională care operează cu elementele material și energie, mecatronica aduce în prim plan componenta informație. Informația este activată prin software. Informația, energia și materia sunt principalele ingrediente ale universului și, concepte fundamentale în fizică. Principiile mecatronice în educație vizează dezvoltarea gândirii sistemice și transdisciplinare precum și formarea deprinderilor de a lucra/învăța în echipă. Pentru practica inginerescă mecatronica a marcat saltul de la ingineria tradițională, secvențială la ingineria simultană/concurentă. Pe această bază s-a dezvoltat conceptul de proiectare integrată/proiectare pentru control. Azi, ingineria mecatronică este prezentă în tehnologie în toate domeniile. Terminologia consacrată în literatura de specialitate este relevantă în acest sens. Astfel: ecomecatronică, autotronică, robotronică, agromecatronică, hidronică, pneutronică, termotronică, micro, nano, biomecatronică etc.

În SUA și Europa revoluția mecatronică a marcat deceniul al nouălea al sec.XX (1980-1990). În martie 1985, în SUA a fost lansat Programul Național de Educație Mecatronică. Programul a fost manageriat de către Universitatea Stanford. La nivelul UE, în martie 1986 Comitetul Consultativ pentru Cercetare și Dezvoltare Industrială (IRDAC), analizând problemele privind mecatronica la nivelul UE comparativ cu Japonia a concluzionat că, mecatronica este o nevoie majoră pentru cercetarea europeană și pentru programele educaționale. Decizia IRDAC a stimulat inițiativele privind dezvoltarea de proiecte și programe pentru promovarea mecatronicii în educație, cercetare și dezvoltarea tehnologică.

Mecatronica s-a născut ca tehnologie, a devenit filosofia integrării, Știința mașinilor inteligente și Mediu pentru educație smart, învățare organizațională și dezvoltare sustenabilă. Azi mecatronica este coloana vertebrală a tehnologiilor sec.XXI. Pachetul acestor tehnologii include: Sistemele ciber-fizice(CPS), Internetul lucrurilor(IoT), Inteligența artificială (AI), Big data și Cloud computing.

În România mecatronica s-a dezvoltat din 1991, prin înființarea specializării în inginerie la Brașov, Cluj-Napoca, Iași și Suceava. Azi comunitatea mecatroniștilor din Romania cuprinde 11 universități în care ființează specializarea. Comunitatea s-a lărgit prin integrarea Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Mecatronică și Tehnica Măsurării, a învățământului preuniversitar precum și a mediului economic.

Efortul susținut în educație, cercetare și dezvoltare tehnologică pe parcursul a mai bine de trei decenii (1991-prezent), în parteneriatul academic ce a inclus departamentele de mecatronică din cele 11 universități, a avut la bază o partitură științifică scrisă la Universitatea Tehnologică din Toyohashi. Această partitură a fost adaptată contextului European în cadrul Universității Katolice din Leuven, Belgia, începând cu anul 1980. Acest efort s-a finalizat prin realizarea Platformei Naționale de Mecatronică (PNM). Nucleul platformei s-a format pe structura celor șapte universități partenere în proiectul POSDRU-FlexForm (2010-2013).

Platforma este concepută ca un mecanism național în structură de rețea care, să activeze resursele materiale și umane, în plan local, regional național și, să asigure abordarea sistemică, în viziune holistică a problemelor complexe privind educația smart și dezvoltarea sustenabilă.

Platforma este motorul dezvoltării societății sustenabile, iar Centrele Regionale de Excelență în Mecatronică (CREM) sunt motoarele dezvoltării comunităților sustenabile. CREM s-au dezvoltat pe structura departamentelor de mecatronică din universități și, vor constitui nucleele pe care se vor structura echipele ce vor susține efortul pentru ca universitățile să devină sustenabile.

PNM asigură fundamentul tehnico-științific și cadrul organizatoric pentru susținerea mișcării de modernizare a învățământului românesc și atingerea obiectivelor privind dezvoltarea sustenabilă, conform Agendei ONU 2030.

Lucrarea este structurată în două părți:

Partea a-I-a: Potențialul inovator al ingineriei mecatronice pentru dezvoltarea societății sustenabile.

Partea a-II-a: Centrele Regionale de Excelență în Mecatronică-Motoarele dezvoltării Comunităților sustenabile.

În continuare se prezintă detalii privind conținutul capitolelor integrate în partea a-I-a a lucrării precum și conținutul părții a II-a.

Capitolul1: *„Probleme fundamentale privind dezvoltarea societății sustenabile”*-cuprinde detalii privind principalele evenimente care au contribuit la conturarea principiilor sustenabilității și dezvoltării sustenabile. Astfel, sunt detaliate inițiativele lansate de Clubul de la Roma, revoluțiile mecatronice din Japonia, SUA și UE. De asemenea sunt prezentate evenimentele pe tema dezvoltării sustenabile găzduite de către ONU, în perioada 1972-prezent. În finalul capitolului se prezintă obiectivele Agendei ONU 2030 privind dezvoltarea sustenabilă precum și succinte detalii privind Strategia națională pentru dezvoltare sustenabilă.

Capitolul 2 : *„Smart City și Inteligența artificială”* –include o sinteză a problemelor principale cu care se confruntă aceste comunități pentru a se asigura standardele de trai ale locuitorilor. Platformele smart city se sprijină pe șase piloni: guvernare inteligentă, economie inteligentă, mobilitate inteligentă, mediu inteligent, oameni inteligenți și stil de viață intelligent. Capitolul integrează detalii importante privind rolul inteligenței artificiale precum și a tehnologiilor cloud computing , respectiv big data în procesarea informațiilor și luarea deciziilor pentru buna desfășurare a activităților la nivelul comunității. Succintele detalii privind problematica smart city în România încheie acest capitol.

Capitolul 3 : *„Bazele ingineriei mecatronice”*- integrează detalii privind evoluția în dezvoltarea tehnologică către integrarea mecatronicii precum și relația: material–energie–informație. Informația este componenta dătoare de ton în raport cu materialul și energia. Semnalul este forma de manifestare fizică a informației. Capitolul integrează de asemenea detalii privind evaluarea cantitativă și calitativă a informației precum și purtătorii de informație. Promovarea legăturilor informaționale în structura sistemelor tehnice le asigură flexibilitate și reconfigurabilitate. În altă ordine de idei modernizarea produselor mecatronice se poate realiza prin schimbarea softwareului. Principiile mecatronice în educație vizează dezvoltarea gândirii sistemice –transdisciplinare și formarea deprinderilor de a lucra/învăța în echipă. Pentru practica ingineriească mecatronica a marcat saltul de la ingineria tradițională/secvențială la ingineria simultană/concurentă. Pe această bază s-a dezvoltat conceptul de proiectare integrată/proiectare pentru control. Așa cum am subliniat anterior, mecatronica este coloana vertebrală a tehnologiilor sec.XXI, Știința mașinilor inteligente precum și Mediu pentru educație smart, învățare organizațională și dezvoltare sustenabilă. Detaliile privind legătura dintre mecatronică și stilul de viață al japonezilor încheie acest capitol.

Capitolul 4: „*Digitizarea mărimilor mecanice*”, sintetizează problemele fundamentale privind conversia analogic-digital. De asemenea sunt explicitate problemele specifice privind digitizarea distanței și detecția poziției; digitizarea vitezei, turației și accelerației; digitizarea forței, greutatei și presiunii; digitizarea nivelului și debitului precum și digitizarea temperaturii.

Capitolul 5: „*Proiectarea integrată și interfațarea sistemelor mecatronice*”. În acest capitol se prezintă bazele conceptului de proiectare integrată și interfațare a sistemelor mecatronice. Sistemele mecatronice sunt rezultatul fuziunii a trei mari domenii în inginerie: mecanică, electrotehnică- electronică și automatică- informatică. Abordarea tradițională în inginerie se bazează pe faptul că: ingineria mecanică studiază probleme specifice mișcării maselor; ingineria electrică studiază probleme specifice mișcării electronilor, iar automatiștii și informaticienii studiază probleme specifice mișcării purtătorilor de informații. În structura unui produs mecatronic, practic nu se pot delimita cele trei mișcări, astfel încât, încă din faza de proiectare conceptuală trebuie să avem în atenție sistemul. Aceasta presupune că din start avem în atenție integrarea funcției de control. Astfel, sarcini care erau atribuite tradițional elementelor mecanice sunt preluate de către partea de electronică și software. Rezultatele se regăsesc firesc, în creșterea performanțelor constructive și funcționale ale produselor. Abordările specifice sunt detaliate pentru proiectarea unui robot paralel cu două grade de mobilitate. Instrumentele de lucru sunt cele oferite de platforma Matlab-Simulink și prototiparea rapidă a controlului (RCP).

Capitolul 6: „*MECATRONICA- Mediu pentru educație smart, învățare organizațională și dezvoltare sustenabilă*”. În cuprinsul capitolului sunt detaliate problemele privind relația: dezvoltare tehnologică-educație-societate. Comunitățile smart și sustenabile sunt comunități ale învățării, cunoașterii, creației și inovării. Comunitățile învață prin cetățenii lor, care sunt integrați în organizații (familie, școli, universități, companii etc). Oamenii smart sunt rezultatul educației smart. Obiectivele educației smart vizează: dezvoltarea gândirii sistemice și transdisciplinare, formarea deprinderilor de a lucra/învăța în echipă, învățarea organizațională și educația integrală. Mecatronica este mediul care răspunde exigențelor educației smart. Platformele mecatronice, sisteme tehnice complexe, rezultat al integrării-mecanică, electronică, software reprezintă infrastructura de bază a laboratoarelor integrate din școli și universități. În cuprinsul capitolului se rezintă detalii privind structura unor astfel de platforme pentru aplicații

educaționale și de cercetare. Echipamentele Lego Mindstorms permit prototiparea rapidă la scară a acestor platforme. În finalul capitolului se prezintă detalii privind Concursul First Tech Challenge România. La concurs participă elevi din licee. Prima ediție a concursului a avut loc în anul 2017. Platformele mecatronice pentru susținerea probelor specifice sunt roboți mobili cu deplasare pe roți. Roboții construiți de către elevi, trebuie să respecte cerințele tehnice, în acord cu tematica concursului.

Capitolul 7: *„Potențialul tehnico- științific al Platformei Naționale de Mecatronică pentru dezvoltarea societății smart și sustenabile”*- Mecatronica s-a dezvoltat în România din anul 1991, prin înființarea specializărilor în inginerie la Brașov, Cluj-Napoca, Iași și Suceava. În prezent specializarea funcționează în aproape toate universitățile cu profil tehnologic din România (11 universități). Mecatronica este coloana vertebrală a tehnologiilor sec. XXI. Aceste tehnologii cuprind: Sistemele ciber fizice (CPS), Internetul lucrurilor (IoT), Inteligența artificială (AI), Cloud computing și Big data.

Comunitatea mecatroniștilor din România include azi și Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Mecatronică și Tehnica Măsurării (INCDMTM București), învățământul preuniversitar precum și mediul economic. În cuprinsul capitolului sunt incluse detalii semnificative privind efortul susținut pentru dezvoltarea mecatronicii în România pe parcursul a mai bine de trei decenii (1991-prezent).

Platforma Națională de Mecatronică reprezintă motorul dezvoltării societății smart și sustenabile. Platforma este concepută ca un mecanism național, care să activeze resursele materiale și umane în plan local, regional, național și, să asigure abordarea sistemică, în viziune integratoare (holistică) a problemelor complexe privind educația smart pentru dezvoltare sustenabilă. Platforma are o structură de rețea și include șapte Centre Regionale de Excelență în Mecatronică înființate pe structura Departamentelor de mecatronică din universitățile partenere în proiectul POSDRU-Flexform (2010-2013) și patru Centre Județene de Excelență în Mecatronică înființate în universitățile din Bacău, Oradea, Sibiu și Suceava. Centrul Regional înființat în cadrul UTC-N este coordonator. Centrele Regionale și Județene de Excelență în Mecatronică sunt motoarele dezvoltării comunităților sustenabile. În capitol sunt integrate și detalii privind proiectul România Smart: Țara comunităților care învață. Proiectul are drept scop valorificarea potențialului tehnico-științific al PNM pentru dezvoltarea unei mișcări naționale privind modernizarea învățământului și cercetării din România.

În partea a doua sunt prezentate detalii privind potențialul tehnico-științific și educațional al Centrelor Regionale de Excelență în Mecatronică din universitățile integrate în structura Platformei Naționale de Mecatronică. Contribuțiile sunt semnate de către reprezentanții Centrelor de excelență de la: Universitatea "Vasile Alecsandri" din Bacău, Universitatea Transilvania din Brașov, Universitatea Națională de Știință și Tehnologie Politehnica București, Universitatea Tehnică din Cluj Napoca, Universitatea din Craiova, Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați, Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași, Universitatea din Oradea, Universitatea „Lucian Blaga” din Sibiu, Universitatea „Ștefan cel Mare” din Suceava și Universitatea Politehnica Timișoara.

În ultimele trei decenii, platformele mecatronice pentru educație, formare și cercetare dezvoltare la nivel universitar s-au dezvoltat constant, atingând azi nivelul standardelor consacrate pe plan mondial în domeniu. Sunt create astfel premisele pentru integrarea în fluxul mondial privind evoluția în dezvoltarea tehnologică: de la mecatronica avansată la sistemele ciber-fizice și inteligența artificială.

Platformele mecatronice la nivelul fiecărei universități sunt expresii ale filosofiei proprii, ce guvernează activitățile educaționale și de cercetare în plan local, regional și național. Integrarea acestor platforme și filosofii într-o lucrare unitară, va contribui la mai buna cunoaștere reciprocă, stimulând mobilitatea cadrelor didactice, a tinerilor cercetători și studenților, în beneficiul învățământului și cercetării din România.

Lucrarea propune soluții viabile pentru abordările în educație și cercetare-dezvoltare, în acord cu cerințele societății bazate pe cunoaștere, în contextul globalizării și internaționalizării. Astfel, Platforma Națională de Mecatronică va fi cu adevărat motorul dezvoltării societății smart și sustenabile, asigurând fundamentul tehnico-științific și cadrul organizatoric în demersurile pentru atingerea obiectivelor cuprinse în Strategia națională privind dezvoltarea sustenabilă.

Alese mulțumiri se cuvin a fi adresate colegilor din department și din țară care, la fel cum de-a lungul a peste trei decenii, au susținut efortul pentru dezvoltarea mecatronicii în România, au răspuns cu entuziasm și înalt profesionalism pentru a face posibilă realizarea acestei lucrări.

Cluj-Napoca, Aprilie 2025

Prof.univ.dr.ing.Vistrian Mătieș
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

Coordonatori



Mătieș Vistrian, profesor titular din anul 1995. În această calitate a predat disciplinele: Mecanisme, Mecanisme pentru mecatronică, Robotica, Proiectarea sistemelor mecatronice. A fost directorul Departamentului de Mecatronică și dinamica mașinilor (1990-1996; 2000-2012) iar din 2012 este profesor asociat în cadrul acestui departament. Din anul 2015 este director al Centrului Coordonator al Platformei Naționale de Mecatronică și director al Centrului de Cercetare în Mecatronică.

Este un promotor activ al mecatronicii în România, a coordonat elaborarea primelor tratate de mecatronică. A publicat 22 cărți și cursuri, peste 280 lucrări științifice în diferite domenii ca: robotică, mecatronică, mecanisme și tehnologii educaționale. A participat la elaborarea a peste 50 de contracte de cercetare; a coordonat ca director 3 granturi de cercetare cofinanțate de Banca Mondială și mai multe proiecte în cadrul programelor CEE și PN II. De asemenea a obținut 10 brevete de invenții. Este conducător de doctorat din anul 2000 (25 teze de doctorat validate) și are o bogată experiență în colaborarea științifică în plan internațional. Aceasta experiență a fost dobândită ca urmare a stagiilor de studiu și documentare la prestigioase universități din Japonia, Europa, SUA, precum și prin participarea la manifestări științifice internaționale. Are contribuții remarcabile în domeniul dezvoltării Educației tehnologice în România. În perioada sept.1998 – sept.2000 a fost Inspector General în Ministerul Educației Naționale, cu răspunderi în această direcție. A realizat primul Laborator mobil de mecatronică din țară. De asemenea, a conceput și brevetat Laboratorul portabil pentru educație mecatronică. Primele modele funcționale se utilizează deopotrivă în activitățile educaționale și de cercetare. Pentru activitatea științifică și tehnică de excelență în domeniul mecatronicii, Institutul National de Cercetare Dezvoltare Pentru Mecatronică și Tehnica Măsurării-București și Universitatea Politehnica București i-au acordat în anul 2009 Premiul National „Prof.univ.Doc.Dr.Ing. TRAIAN DEMIAN”. Pe aceleași considerente Universitatea „Transilvania” din Brașov (2010) și Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași (2011), i-au acordat titlul de Doctor Honoris Causa. Din 2023 este Membru de onoare al Academiei de Științe Tehnice din România.

Este membru al: IFToMM (Federația Internațională pentru Știința Mașinilor și Mecanismelor), AGIR (Asociația Generală a Inginerilor din România), ARoTMM (Asociația Română pentru Știința Mașinilor și Mecanismelor), ARR (Asociația de Robotică din România), AMFOR (Asociația de Mecanică Fină și Optică din România), SROMECA (Societatea Română de Mecatronică - membru fondator), SNIMTB (Societatea Națională de Inginerie Medicală și Tehnologie Biologică - membru fondator). De asemenea este membru activ al CIRET din 2007 (Centrul Internațional de Cercetări și Studii Transdisciplinare, Paris). Din 2011 este Membru al Editorial Board of Transdisciplinary Journal of Engineering and Science. Revista apare sub egida ATLAS (Academy for Transdisciplinary Learning & Advanced Studies) Texas, USA.



Noveanu Simona cadru didactic universitar din 2008, în prezent fiind Conferențiar în cadrul Departamentului Mecatronică și Dinamica Mașinilor, Facultatea Autovehicule Rutiere, Mecatronică și Mecanică, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca. Este titular al disciplinelor: Mecanisme, Metrologie și Sisteme Mecanice de precizie și este membru în Consiliul Facultății și Consiliul Departamentului.

Este un promotor al educației centrate pe student astfel că în perioada 2008 -2025 a participat la implementarea a 5 proiecte europene Capacity Building in Higher Education (CBHE), iar la unul a fost coordonator - partener. În perioada 2016 – 2023 a activat ca și Consilier de orientare în Carieră în cadrul Facultății Autovehicule Rutiere, Mecatronică și Mecanică, unde a organizat acțiuni alături de companii și a participat la organizarea manifestării „Zilele Carierei”. De asemenea a susținut participarea la Sesiunea de Comunicări Științifice a Studenților Facultății de Autovehicule Rutiere, Mecatronică și Mecanică, și a organizat această manifestare în 2013, 2016 și 2019.

A participat la numeroase proiecte de cercetare și a publicat peste 100 de lucrări științifice fiind recenzor la diferite jurnale internaționale (Applied Science, Actuators, Sensors, Transactions on Mechatronics, Robotics, Machines, Micromachines, Polymers etc.). În urma derulării proiectelor de cercetare în cadrul saloanelor de invenție a primit 3 Medalii de aur și una de argint pentru propunerea a 4 brevete de invenție. Este directorul Laboratorului de cercetare Sisteme de Precizie

și Mecanisme Compliantă din cadrul Universității Tehnice din Cluj-Napoca.

Activează ca și membru în diferite organizații profesionale: Federația Internațională pentru Știința Mașinilor și Mecanismelor (IFTToMM), Asociația Generală a Inginerilor din România (AGIR), Asociația Română pentru Știința Mașinilor și Mecanismelor (ARoTMM), Asociația de Robotică din România (ARR), Societatea Română de Mecatronică (SROMECA), Societatea Națională de Inginerie Medicală și Tehnologie Biologică (SNIMTB).

Ca urmare a experienței dobândite în universitate precum și în cadrul stagiilor de formare din țară și străinătate, din 2018 până în prezent a susținut activități didactice la diferite universități din Europa și Asia (Centrale Lyon ENISE, Saint Etienne - Franța, OSHU – Osh și KSTU Bishkek – Kîrgîzstan, UJA, Jaen - Spania și JAMK Jyväskylä - Finlanda) fiind referent și membru în comisie de doctorat la Université de Franche-Compté, Besancon - Franța. A coordonat și organizat workshop-uri, pentru cadre didactice din țară și străinătate precum și pentru studenți atât în domeniul tehnic cât și pentru dezvoltarea abilităților soft.



Dache Liliana a absolvit Universitatea Politehnică din Timișoara, Facultatea de Electrotehnică, în anul 1994, iar de atunci este profesor pentru discipline tehnice: Componentele echipamentelor electrice, Măsurări electrice și electronice, Mașini, aparate și elemente de automatizare, Bazele electronicii analogice și digitale, Securitatea sistemelor de calculatoare, la Liceul Tehnologic „I.D.Lăzărescu” din Cugir.

Este membru al Corpului Național de Experti în Managementul Educațional, membru al grupului de lucru din cadrul Centrului Național de Politici și Evaluare în Educație, metodist și membru al Consiliului Consultativ pe discipline tehnice al Inspectoratului Școlar Județean Alba, coordonator pentru proiecte și programe educative școlare și extrașcolare.

A urmat programele de formare „Dezvoltarea abilităților de viață ale elevilor în contextul dezvoltării durabile” (inițiat de către Fundația pentru Dezvoltarea Societății Civile), „Profesorul-evaluator de competențe profesionale” (Centrul Național de Dezvoltare a Învățământului Profesional și Tehnic), „Facilitator pentru învățarea permanentă în școală” (Institutul de Științe ale Educației), „Coordonate

ale unui nou cadru de referință al curriculumului național” (Casa Corpului Didactic Alba).

A urmat cursuri postuniversitare fiind beneficiară a proiectelor „FlexFORM – Program de formare profesională flexibilă pe platforme mecatronice” (Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca), „Euromecaform - Parteneriat româno-german de formare a cadrelor didactice preuniversitare în domeniul mecatronicii” (Universitatea Tehnică din Cluj Napoca, în parteneriat cu Institutul Tehnic Dr. Ing. Paul Christiani GmbH Co.&KG, din Germania), „Parteneriat transnațional pentru dezvoltarea învățământului preuniversitar tehnic prin aplicarea sistemului german de proiecte pentru lucrări practice în atelierele școlare din România” (Stuttgart -firma Garp, Germania).

A obținut diploma de doctor în domeniul Inginerie mecanică în anul 2020, la Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, cu teza intitulată „Cercetări privind dezvoltarea platformelor mecatronice pentru educație smart și învățare organizațională”.

A coordonat echipe de elevi în competiții de robotică, fiind pasionată de electronică, inteligența artificială și educație inteligentă.

**I. POTENȚIALUL INOVATOR AL INGINERIEI
 MECATRONICE PENTRU DEZVOLTAREA
 SOCIETĂȚII SUSTENABILE**

1. Probleme fundamentale privind dezvoltarea societății sustenabile

Vistrian Mătieș, Dănuț Pop

1.1. Principalele evenimente care au conturat principiile sustenabilității și dezvoltării sustenabile

1.1.1. Noțiuni generale

Sustenabilitatea reprezintă calitatea unei activități antropice de a se desfășura fără a epuiza resursele disponibile și fără a distruge mediul, deci fără a compromite posibilitățile de satisfacere a nevoilor generațiilor următoare [11]. Altfel spus, sustenabilitatea se referă la modul în care ar trebui să trăim în armonie cu lumea naturală din jurul nostru, protejând-o de daune și distrugeri iremediabile. Acest concept implică și stabilirea unui echilibru între stilul de viață contemporan și continuarea creșterii economice pe de-o parte, protecția mediului și găsirea de resurse alternative, pe de cealaltă parte. Când se referă la dezvoltarea economică de ansamblu a unei țări sau regiuni, este preferat de obicei termenul sinonim dezvoltare durabilă.

Factorul antropic reprezintă influența directă, nemijlocită, a activității omului asupra mediului înconjurător. Defrișarea unei păduri, secarea unei bălți, impactul urbanizării, chimizarea agriculturii, braconajul, colectarea ilicită a plantelor rare sunt exemple de impact negativ al factorului antropic. În continuare se prezintă succint principalele evenimente care au contribuit la conturarea principiilor sustenabilității și dezvoltării sustenabile.

1.1.2. Clubul de la Roma

Clubul este o organizație de tip think -tank (reuniune de creiere) al cărei scop este să supună atenției întregii lumi diverse aspecte referitoare la viitorul planetei [15]. Clubul de la Roma cuprinde oameni de știință, economiști, oameni de afaceri, înalți funcționari publici, șefi de stat și foști șefi de stat de pe toate cele șase continente locuite permanent.

„Dacă Clubul de la Roma are vreun merit, acesta este întâietatea în a se răzvrăti împotriva ignoranței sinucigașe a omenirii cu privire la adevărata ei condiție.” afirma fondatorul Clubului, Aurelio Peccei[15].

Scopul principal al organizației, la fondare, a fost acela de a rezolva problemele legate de industria națională și internațională, conform resurselor planetei *noastre*. Cercetările pe care inițiatorii Clubului de la Roma le-au întreprins au vizat viitorul industriei și al economiei, ignorarea unor tendințe mondiale nefaste, în special cele legate de risipa de resurse și de *poluare*, care sunt principala cauză a crizei actuale. S-au înființat centre, instituții, organisme orientate spre câte o singură temă: mediul, populația, hrana, apa, educația etc. Au fost identificate problemele globale ale omenirii, de la climă și resurse naturale, până la marile dezechilibre economice între societățile privilegiate și cele în curs de dezvoltare, foamete, sărăcie și boli.

Încă de la începutul activității, Clubul de la Roma a sugerat soluția unor investiții importante(masive) în educație, care este un factor cheie în soluționarea acestor probleme.

Clubul de la Roma a scos în evidență două aspecte de importanță crucială ale globalizării, plecând de la faptul că planeta se află în fața unor mari contradicții: în timp ce resursele planetei sunt limitate, dorințele, ambițiile sau tendințele ca acestea să fie consumate sunt nelimitate.

Clubul de la Roma a fost fondat în aprilie 1968 de către *Aurelio Peccei*, industriaș, fost președinte al companiei *Fiat* și *Alexander King*, om de știință scoțian.

În 1968 Aurelio Peccei, împreună cu câțiva industriași, înalți funcționari internaționali, savanți și filozofi s-au reunit pentru a pune în comun ideile lor și pentru a răspunde complexelor subiecte privind viitorul planetei[15].

Decizia inițiatorilor a fost să angajeze o echipă de cercetători de la *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) pentru a elabora un proiect esențial privind viitoarea activitate a Clubului de la Roma. Clubul de la Roma a intrat în atenția publicului odată cu publicarea în anul 1972 a raportului *Limitele creșterii* [5] scris de către *Dennis Meadows* de la MIT. Raportul s-a vândut în peste 30 milioane de exemplare, fiind tradus în mai mult de 30 limbi și, este considerat cel mai bine vândut volum despre mediul înconjurător. Raportul preciza – printre altele – că, *„Dacă se mențin tendințele actuale de creștere ale populației mondiale, ale industrializării, contaminării ambientale, producției de alimente și epuizării resurselor, această planetă va atinge limitele creșterii în următorii 100 de ani. Rezultatul cel mai probabil ar fi o scădere subită și*

incontrolabilă atât a populației cât și a capacității industriale.” (Dennis Meadows - Limitele creșterii, 1972)[5].

După decesul lui Aurelio Peccei, în 1982, Clubul de la Roma n-a încetat să examineze în continuare tabloul lumii și să atragă atenția că o inevitabilă criză generală, cu implicații morale, politice, sociale și economice, amenință planeta. *Mesajul pe care l-a lăsat pentru generațiile viitoare Aurelio Peccei a fost acela că lumea va avea un viitor bun, numai dacă va înceta risipa de resurse. „Consider că acum trebuie să existe o viziune integrată asupra lumii (creștere economică, mediu, populație) și că noile tehnologii nu reprezintă o soluție suficientă pentru a rezolva problema schimbărilor climatice, mai ales acum când ne aflăm la limita unor schimbări ireversibile”.*

Peccei a văzut în dezvoltarea microelectronicii și în declanșarea revoluției informației semnele capacității omului de a face față problemelor viitorului, întemeind instituții transnaționale și reguli eficiente pentru o nouă ordine mondială pe o nouă etică globală.

În acest context este interesant de menționat că , în 1971, Yaskawa Electric Corporation din Japonia, a înregistrat ca marcă cuvântul mecatronică. Cuvântul a fost utilizat pentru a descrie fuziunea tehnologică mecanică-electronică-software.

1.1.3. Revoluția mecatronică în Japonia

Mecatronica s-a născut în Japonia, ca tehnologie modernă, care să conserve resursele materiale, energetice și să reducă costurile, prin realizarea de produse, sisteme și servicii inteligente. Mecatronica a fost unul dintre pilonii principali care au susținut înfăptuirea miracolului economic japonez, în contextul efortului depus pentru reabilitarea economică după al doilea Război Mondial [3],[4]. Cuvântul mecatronică a fost înregistrat ca marcă în 1971, de către Yaskawa Electric Cp. și, a fost utilizat pentru a descrie fuziunea tehnologică: mecanică, electronică,software. Mecatronica a reprezentat soluția găsită de către specialiști la problemele privind reducerea drastică a consumului de material, energie precum și a costurilor. Cadrul administrativ pentru dezvoltarea mecatronicii a fost definit prin patru legi: 1956 – Legea privind dezvoltarea industriei mecanice, 1957 – Legea pentru dezvoltarea industriei electrice, 1971 – Legea pentru dezvoltarea industriei electromecanice iar, în 1978 – Legea pentru dezvoltarea industriei IT [3],[4]. De remarcat că, în 1978 a fost inaugurată Universitatea Tehnologică din Toyohashi. Activitățile de bază:

educație, cercetare, diseminare, au fost concepute a se desfășura pe platforme mecatronice. *Demersurile în contextul precizărilor de mai sus sunt specifice revoluției mecatronice în Japonia. Potrivit sublinierilor din lucrarea [3] mecatronica nu este o nouă ramură în inginerie ci este tehnologia mecanică cerută de societatea avansat informatizată.*

Abordările pragmatice, în contextul cadrului definit, au făcut ca în două decenii după al Doilea Război Mondial, Japonia să devină a doua putere economică mondială, după SUA.

1.1.4. Revoluția mecatronică în SUA și UE

Secolul XX a fost marcat de trei revoluții: revoluția cuantică, revoluția informatică și revoluția mecatronică. Revoluția mecatronică a marcat deceniul al 9-lea al sec. XX (1980-1990)[4]. Deciziile luate la nivel național și continental pentru a promova mecatronica în educație, cercetare și dezvoltare tehnologică au stimulat inițiativele pentru dezvoltarea de proiecte și programe specifice în domeniu. Dintre inițiativele menționate sunt reprezentative următoarele: În aprilie 1984 la Koln a avut loc o Conferință Internațională pe probleme de Educație Tehnologică în inginerie. Cu această ocazie Prof. K.Yamazaki, ctitorul Universității Tehnologice din Toyohashi a prezentat lucrarea Metodologia educației și cercetării mecatronice [9]. Lucrarea a reprezentat scânteia care a aprins focul revoluției mecatronice în SUA și în UE. Astfel, în martie 1985, Departamentul de Comerț al SUA a elaborat un raport privind dezvoltarea mecatronicii, comparativ cu Japonia (JTECH panel report on mechatronics in Japan)[2],[4]. Raportul a fost suportul deciziei Fundației Naționale pentru Știință (NSF) privind finanțarea Programului Național de Educație Mecatronică. Programul a fost coordonat de către Universitatea Stanford. Detalii privind programul sunt prezentate în lucrarea[2]. În martie 1986, la nivelul UE, Comitetul Consultativ pentru Cercetare-Dezvoltare Industrială (IRDAC) [7], a analizat situația privind dezvoltarea mecatronicii în UE comparativ cu Japonia. IRDAC a concluzionat că: *mecatronica este o nevoie majoră pentru cercetarea europeană și pentru programele educaționale.* Raportul menționat a fost elaborat la Universitatea Katolică din Leuven. Implementarea programului de pregătire mecatronică în inginerie la KU Leuven a început în 1980, după vizita prof.Van Brussel în Japonia, la Universitatea Tehnologică din Toyohashi. Universitatea a fost inaugurată în 1978.

Decizia IRDAC a stimulat inițiativele la nivelul țărilor UE pentru dezvoltarea de proiecte și programe în domeniu [7]. Este relevant în acest sens proiectul din programul FP6 (2003) cu titlul: Rețea Europeană de excelență în mecatronică. Proiectul a fost lansat de către Universitatea Katolică din Leuven, Belgia. În 1988 la nivelul UE a fost lansat și primul curs postuniversitar de mecatronică, într-un parteneriat ce a inclus: KU Leuven, TH Aachen și Cranfield Institute of Technology. Cursul a avut drept scop innobilarea pregătirii tradiționale în inginerie cu noile deschideri datorate mecatronicii.

1.1.5. Evenimente la nivelul ONU

Principalele evenimente la nivelul ONU care au contribuit la conturarea principiilor sustenabilității și dezvoltării durabile sunt detaliate în continuare.

Conferința ONU privind mediul-1972. Conferința s-a desfășurat la Stockholm, au participat 113 națiuni și a adus prima oară în centrul atenției problema deteriorării mediului înconjurător în urma activităților umane, care poate afecta viitorul umanității și al vieții pe pământ. Au fost puse în discuție probleme precum poluarea, distrugerea resurselor, deteriorarea mediului, pericolul disparițiilor unor specii și nevoia de a crește nivelul de trai al oamenilor. Dezbaterile au subliniat legătura indisolubilă între calitatea vieții și calitatea mediului pentru generațiile actuale și viitoare.

Înființarea de către ONU în 1983 a Comisiei mondiale de mediu și dezvoltare [6] (World Commission on Environment and Development). Comisia a avut drept scop studierea dinamicii deteriorării mediului și oferirea de soluții cu privire la viabilitatea pe termen lung a societății umane. Această comisie a fost prezidată de Gro Harlem Brundtland, Primul Ministru al Norvegiei la acea dată, de unde și numele rămas în istorie de „Comisia Brundtland”. Raportul Comisiei Brundtland elaborat în 1987, a subliniat existența a două probleme majore:

- Dezvoltarea trebuie să însemne creșterea nivelului de trai al tuturor, nu doar profituri mai mari și standarde mai înalte de trai pentru o parte mică din populație;
- Dezvoltarea nu trebuie să ducă la distrugerea sau folosirea nesăbuită a resurselor naturale și nici la poluarea mediului ambiant.

Conferința Organizației Națiunilor Unite privind mediul și dezvoltarea (supranumită „Summitul Pământului”), Rio de Janeiro, iunie 1992. Evenimentul a reunit factori de decizie politică din 172 țări. Mesajul acestora a fost clar: „schimbările necesare s-ar produce numai prin schimbarea atitudinii și a comportamentului nostru”.

„Summitul Pământului” a pus bazele mai multor acorduri internaționale importante privind mediul:

- Agenda 21 — un plan de acțiuni pentru dezvoltarea durabilă;
- Declarația de la Rio privind mediul și dezvoltarea;
- Declarația privind principiile în domeniul forestier;
- Convenția-cadru a Organizației Națiunilor Unite privind schimbările climatice;
- Convenția Organizației Națiunilor Unite privind diversitatea biologică;
- Convenția Organizației Națiunilor Unite privind combaterea deșertificării.

*Summit-ul Mileniului de la New York din septembrie 2000, cea mai mare adunare a liderilor lumii din istorie. Șefii de stat și guvernele au adoptat Declarația ONU a Mileniului. Prin intermediul acesteia, națiunile s-au angajat la un nou parteneriat global pentru reducerea sărăciei extreme și a propus o serie de obiective, toate cu un termen final în 2015, care au devenit cunoscute ca *Obiectivele de dezvoltare ale mileniului* (ODM).*

Scopul acestora era de a eradica sărăcia extremă și foametea; de a obține educație universală primară; de a promova egalitatea dintre sexe și drepturile femeii; de a reduce mortalitatea copiilor; de a îmbunătăți sănătatea maternă; de a combate HIV/SIDA, malaria și alte boli; de a asigura stabilitatea mediului înconjurător și, de a crea un parteneriat global pentru dezvoltare.

UNHCR monitorizează modul în care persoanele deplasate, inclusiv refugiații, solicitanții de azil, persoanele deplasate intern, precum și apatrizii sunt incluși în acest proces și progresul făcut în atingerea obiectivelor de dezvoltare ale mileniului. Agenția ONU pentru refugiați este membru al Grupului Inter-Agenții de Expertiza în Indicatorii ODM, care elaborează un raport anual despre progresul făcut către obiectivele de dezvoltare ale mileniului.

Summitul Națiunilor Unite privind Dezvoltare Durabilă de la Johannesburg, 26 august – 4 septembrie 2002, în Africa de Sud. Summitul a avut drept scop promovarea de noi inițiative de aplicare a dezvoltării

sustenabile pentru a construi un viitor prosper și sigur pentru cetățenii lumii. În urma acestui summit, s-au adoptat: *Declarația de la Johannesburg privind dezvoltarea sustenabilă și Planul de implementare a Summitului mondial privind dezvoltarea sustenabilă*.

În cadrul planului, s-a decis că eforturile națiunilor trebuie îndreptate cu precădere spre:

- eradicarea sărăciei;
- modificarea modelelor de producție și consum;
- protejarea sănătății;
- protejarea și managementul bazei de resurse naturale pentru dezvoltarea economică și socială.

Decada educației pentru dezvoltare sustenabilă (UNESCO-2005-2014)[17].

În „raportul Brundtland”, intitulat *Viitorul nostru comun*, prezentat la Conferința Națiunilor Unite de la Rio de Janeiro din iunie 1992, se afirmă că «dezvoltarea durabilă este concepută în viziunea reconcilierii dintre economie și mediul înconjurător, pe o nouă cale de dezvoltare care să susțină progresul uman, nu numai în câteva locuri și pentru câțiva ani, ci pentru întreaga planetă și pentru un viitor îndelungat”.

În 2005, în cadrul întâlnirii la nivel înalt a miniștrilor mediului și educației de la Vilnius, UNECE (Comisia Economică a ONU pentru Europa)propune Strategia pentru promovarea Educației pentru Dezvoltare Sustenabilă, adoptată de România și de către celelalte state membre UNECE, strategie care va reprezenta Decada Națiunilor Unite a Educației pentru Dezvoltare Durabilă [17].

Comisia Mondială pentru Mediul Înconjurător și Dezvoltare a Națiunilor Unite (sau Comisia „Brundtland”) propunea - în 1987 - cea mai cunoscută și acceptată definiție a dezvoltării sustenabile respectiv „satisfacerea nevoilor generațiilor prezente, fără a compromite posibilitatea generațiilor viitoare de a-și satisface propriile nevoi”. Educația pentru Dezvoltare Sustenabilă (EDS), conform definiției UNESCO din 2014, „permite fiecărei ființe umane să dobândească cunoștințele, competențele, atitudinile și valorile necesare pentru a crea un viitor sustenabil”.

Obiectivul conferinței de la *Rio de Janeiro* a fost de a asigura reînnoirea angajamentului politic pentru dezvoltarea sustenabilă, evaluarea progreselor realizate până acum, dar și lacunele în punerea în aplicare a rezultatelor summit-urilor anterioare privind dezvoltarea

sustenabilă, precum și abordarea provocărilor noi și emergente. În acest scop, accentul a fost pus pe două teme majore:

- Economia verde, în contextul dezvoltării sustenabile și al eradicării sărăciei;
- Cadrul instituțional pentru dezvoltare sustenabilă.

Sustenabilitatea joacă un rol tot mai important în funcționarea și dezvoltarea marilor companii. De aceea, Uniunea Europeană a adoptat directiva 2014/95, potrivit căreia firmele cu peste 500 de angajați au obligativitatea de a raporta anual o serie de aspecte non-financiare și informații privind activitățile de responsabilitate socială și sustenabilitate.

Așadar, în prezent, o companie sustenabilă va încerca și aplica o serie de măsuri, cum ar fi să reducă energia folosită, cantitatea de deșeuri produse și va organiza acțiuni de protecție a mediului, va mobiliza angajații în acțiuni de voluntariat și pentru dezvoltarea comunității etc.

Adoptarea sustenabilității necesită nu doar înțelegerea riscurilor cu care se confruntă societatea, ci și definirea unor căi care să permită dezvoltarea sustenabilă a societății.

Obiectivele de Dezvoltare ale Mileniului au adus o contribuție importantă la conștientizarea publică, creșterea voinței politice și mobilizarea de resurse pentru lupta împotriva sărăciei la nivel global. ODM au ajutat la concentrarea acțiunii, la reformarea politicilor prin încorporarea obiectivelor și ȳintelor de dezvoltare în strategiile naționale și la crearea de instituții care să implementeze aceste planuri în mod eficient. Începând cu 2008, însă, progresul a fost negativ influențat de criza financiară și economică.

Obiectivele de Dezvoltare Sustenabilă trebuie să finalizeze agenda demarată de Obiectivele de Dezvoltare ale Mileniului, având ca deviză necesitatea de a nu lăsa pe nimeni în urmă – așadar, ideea de incluzivitate și universalitate.

1.2. Agenda ONU 2030. Obiectivele dezvoltării societății smart și sustenabile

La Summit-ul ONU privind dezvoltarea din septembrie 2015 a fost adoptată Agenda 2030 pentru dezvoltare sustenabilă, un program de acțiune globală cu un caracter universal, care promovează echilibrul între cele trei dimensiuni ale dezvoltării sustenabile – economic, social și de mediu. Pentru prima oară, acțiunile vizează în egală măsură statele dezvoltate și cele aflate în curs de dezvoltare.

Agenda 2030 cuprinde 17 Obiective Globale de Dezvoltare Sustenabilă (ODS)(Fig.1.1).



Fig.1.1.Obiectivele Agendei ONU-2030

Acestor obiective le sunt asociate 169 sarcini specifice.Prin obiectivele adoptate se stabilește o agendă de acțiune ambițioasă în vederea eradicării sărăciei extreme, combaterii inegalităților a in justiției și protejarea planetei, până în 2030.

În continuare sunt explicitate cele 17 obiective[14]:

1. *Fără sărăcie* – Eradicarea sărăciei în toate formele sale și în orice context.

2. *Foamete zero* – Eradicarea foametei, asigurarea securității alimentare, îmbunătățirea nutriției și promovarea unei agriculturi durabile.
3. *Sănătate și bunăstare* – Asigurarea unei vieți sănătoase și promovarea bunăstării tuturor la orice vârstă.
4. *Educație de calitate* – Formularea oficială a obiectivului ODD4 sau Obiectivul Global 4 este: „Asigurarea unei educații de calitate, incluzivă și echitabilă și promovarea oportunităților de învățare pe tot parcursul vieții, pentru toți”. *Educația* este văzută ca o forță motrice pentru dezvoltarea sustenabilă, construirea unei națiuni și pace.

Obiectivul 4 Educație de calitate, ținta 4.7. se referă explicit la EDS, respectiv „până în 2030, asigurarea faptului că toți elevii dobândesc cunoștințele și competențele necesare pentru promovarea dezvoltării sustenabile, inclusiv, printre altele, prin educația pentru dezvoltare sustenabilă și stiluri de viață sustenabile, drepturile omului, egalitatea de gen, promovarea unei culturi a păcii și non-violenței, cetățenia globală și aprecierea diversității culturale și a contribuției culturii la dezvoltarea sustenabilă”[17].

ODD 4 are 10 ținte și 11 indicatori pentru a măsura progresul către ținte. Cele șapte ținte de rezultat sunt:

- *învățământ primar și învățământ secundar gratuite;*
- *acces egal la educație preșcolară de calitate;*
- *acces egal la învățământ profesional, vocațional și învățământ superior la prețuri accesibile;*
- *creșterea numărului de persoane cu abilități relevante pentru succesul financiar;*
- *eliminarea tuturor discriminărilor în educație;*
- *dobândirea de abilități de bază de scriere/citire (alfabetizare) și socotit de către toți;*
- *educație privind dezvoltarea sustenabilă și cetățenia globală.*

Cele trei mijloace de implementare a țintelor sunt:

- *construirea/modernizarea de școli incluzive și sigure;*
- *extinderea burselor pentru învățământul superior pentru țările în curs de dezvoltare;*
- *creșterea numărului de profesori calificați în țările în curs de dezvoltare;*

ODS 4 urmărește să se asigure copiilor și tinerilor acces facil și de calitate la educație, plus alte oportunități de învățare. Unul dintre obiectivele sale este de a atinge un grad universal de alfabetizare și calcul

simplu. O componentă majoră este dobândirea de cunoștințe și abilități valoroase în mediul educațional. Prin urmare, necesitatea urgentă de a construi mai multe facilități educaționale și, de asemenea, de a le moderniza pe cele existente pentru a oferi medii de învățare sigure, incluzive și eficiente pentru toți.

5. *Egalitate de gen* – Realizarea egalității de gen și împuternicirea tuturor femeilor și a fetelor.
6. *Apă curată și sanitație* – Asigurarea disponibilității și managementului durabil al apei și sanitație pentru toți.
7. *Energie curată și la prețuri accesibile* – Asigurarea accesului tuturor la energie la prețuri accesibile, într-un mod sigur, durabil și modern.
8. *Muncă decentă și creștere economică* – Promovarea unei creșteri economice susținute, deschise tuturor și durabile, a ocupării depline și productive a forței de muncă și a unei munci decente pentru toți.
9. *Industrie, inovație și infrastructură* – Construirea unor infrastructuri rezistente, promovarea industrializării durabile și încurajarea inovației.
10. *Inegalități reduse* – Reducerea inegalităților în interiorul țărilor și de la o țară la alta.
11. *Orașe și comunități durabile* – Dezvoltarea orașelor și a așezărilor umane pentru ca ele să fie deschise tuturor, sigure, reziliente și durabile.
12. *Consum și producție responsabile* – Asigurarea unor tipare de consum și producție durabile.
13. *Acțiune climatică* – Luarea unor măsuri urgente de combatere a schimbărilor climatice și a impactului lor.
14. *Viața acvatică* – Conservarea și utilizarea durabilă a oceanelor, mărilor și a resurselor marine pentru o dezvoltare durabilă.
15. *Viața terestră* – Protejarea, restaurarea și promovarea utilizării durabile a ecosistemelor terestre, gestionarea durabilă a pădurilor, combaterea deșertificării, stoparea și repararea degradării solului și stoparea pierderilor de biodiversitate.
16. *Pace, justiție și instituții eficiente* – Promovarea unor societăți pașnice și incluzive pentru o dezvoltare durabilă, a accesului la justiție pentru toți și crearea unor instituții eficiente, responsabile și incluzive la toate nivelurile.
17. *Parteneriate pentru realizarea obiectivelor* - Consolidarea mijloacelor de implementare și revitalizarea parteneriatului global pentru dezvoltare sustenabilă.

1.3. Strategia națională privind dezvoltarea sustenabilă

România, în calitate de stat membru al Organizației Națiunilor Unite (ONU) și Uniunii Europene (UE), și-a exprimat adeziunea la cele 17 Obiective de Dezvoltare Sustenabilă (ODS) ale Agendei 2030, adoptată prin Rezoluția Adunării Generale a ONU A/RES/70/1, în cadrul Summit-ului ONU pentru Dezvoltare Sustenabilă din septembrie 2015. Concluziile Consiliului UE, adoptate în data de 20 iunie 2017, „Un viitor durabil al Europei: răspunsul UE la Agenda 2030 pentru Dezvoltare Sustenabilă” reprezintă documentul politic asumat de statele membre ale UE privind implementarea Agendei 2030 pentru Dezvoltare Sustenabilă [12].

România are nevoie de o schimbare a paradigmei prezente de dezvoltare pentru a face față provocărilor secolului XXI. Trăim o perioadă marcată de procesul de globalizare, de accentuare a inegalităților și de agravare a problemelor de mediu. Dezvoltarea sustenabilă este soluția.

Prin această strategie, România își stabilește cadrul național pentru susținerea Agendei 2030 și implementarea setului de 17 ODS. Strategia susține dezvoltarea României pe trei piloni principali, respectiv economic, social și de mediu. Strategia este orientată către cetățean și se concentrează pe inovație, optimism, reziliență și încrederea că statul servește nevoile fiecărui cetățean, într-un mod echitabil, eficient și într-un mediu curat, în mod echilibrat și integrat.

Pentru punerea în operă a prevederilor europene și a celor din documentele ONU în materie de dezvoltare sustenabilă a fost înființat Departamentul pentru Dezvoltare Sustenabilă, prin Hotărârea Guvernului nr. 313/2017. Departamentul funcționează în cadrul aparatului de lucru al Guvernului, în subordinea prim-ministrului, finanțat de la bugetul de stat prin bugetul Secretariatului General al Guvernului. Departamentul are următoarele funcții [12]:

1. de coordonare a activităților de implementare rezultate din setul de 17 obiective de dezvoltare sustenabilă - ODS ale Agendei 2030;
2. de planificare și de integrare a datelor și informațiilor comunicate de către instituțiile cu atribuții în domeniu, în vederea formulării propunerilor de măsuri de eficientizare a proceselor/documentelor elaborate de către autoritățile administrației publice, de raportare către Guvern, asupra elaborării sau implementării setului de măsuri pentru dezvoltare sustenabilă la nivel național și de coordonare a activităților de

- localizare și prioritizare a țăintelor și obiectivelor specifice, elaborate de autoritățile administrației publice de specialitate;
3. de monitorizare a indicatorilor dezvoltării sustenabile stabiliți la nivelul Uniunii Europene și la nivelul Organizației Națiunilor Unite, precum și a indicatorilor specifici, adaptați la condițiile României, cu privire la eventuale decalaje și asupra măsurilor de remediere a acestora;
 4. de formulare propuneri de ajustare a obiectivelor-țintă pe plan național și a termenelor de execuție;
 5. de identificare de noi indicatori necesari în funcție atât de situația reală, cât și de facto constatată de prevederile directivelor Uniunii Europene în materie, adoptate pe parcurs;
 6. de reprezentare a Departamentului în raporturile cu ministerele, autoritățile administrației publice, precum și în raporturile cu persoanele fizice și juridice române și străine.

Bibliografie

- [1] Hehenberger, P., Habib, M., Bradley ,D., (eds.) EcoMechatronics. Challenges for Evolution,Development and Sustainability, Springer Nature,Switzerland AG 2022,ISBN 978-3-031-07554-4.
- [2] Hunt, V.D., Mechatronics: Japan's Newest Threath, Chapman and Hall, New York, 1988.
- [3] Kajitani, M., What has brought Mechatronics into Existence in Japan?, Proceedings of the 1st France-Japan Congress of Mechatronics, Besancon, France, 1992.
- [4] Măties, V., (coord.), Platforma Națională de Mecatronică. Fundamentul programelor educaționale și de formare continuă în societatea cunoașterii, Editura U.T.Press, Cluj-Napoca, 2016.
- [5] Meadows, D., Meadows, D., Randers, J., & Behrens, W., The Limits to Growth, New York: Universe Books, ISBN 0-87663-165-0, 1972
- [6] World Commission on Environment and Development, Our Common Future, Oxford: Oxford University Press, Oxford, ISBN 019282080X, 1987.
- [7] Peters, J., Van Brussel, H., Mechatronic Revolution and Engineering Education, European Journal of Mechanical Engineering, Vol. 34, Nr. 1, pp. 5-8, 1989.
- [8] Vlașin, I., De la mecatronică la educația smart, UTPRESS, Biblioteca online, 2018.

- [9] Yamazaky.K., et all., Methodology of education and R&D in Mechatronics.Int.Appl.Eng. Ed.Vol.1 Nr.1. pp.35-41. 1985.
- [10] www.smarteducation-clujnapoca.ro Romania Smart – Tara comunităților care învață.
- [11] www.dexonline.ro-Dicționarul explicativ al limbii romane.
- [12] Strategia națională pentru dezvoltarea durabilă a României 2030. – București: Paideia, ISBN 978-606-748-261-14, 2018.
- [13] <https://arsc.com>-Asociația Română pentru Smart City și Mobilitate.
- [14] [https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/The 2030 UN Agenda for Sustainable Development](https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/The_2030_UN_Agenda_for_Sustainable_Development).
- [15] https://en.wikipedia.org/wiki/Club_of_Rome.
- [16] <https://www.clubofrome.org/report/the-limits-to-growth/>, 1972.
- [17] Shaping the Future We Want.UN Decade of Education for Sustainable Development (2005-2014), FINAL REPORT.Published in 2014 by UNESCO, ISBN 978-92-3-100053.

2. Smart City și Inteligența Artificială

Vlad Tămaș, Radu Donca, Vistrian Mătieș

2.1. Conceptul Smart City

Într-o lume în continuă urbanizare, orașele se confruntă cu provocări din ce în ce mai complexe, de la presiunea asupra resurselor și a infrastructurii, până la impactul asupra mediului și calitatea vieții cetățenilor. În acest context, conceptul de Smart City, sau oraș inteligent, a apărut ca o viziune promițătoare pentru a transforma modul în care trăim și interacționăm cu mediul urban.

Un Smart City este un ecosistem urban în care tehnologia, datele și inteligența artificială sunt integrate pentru a îmbunătăți calitatea vieții cetățenilor, eficiența serviciilor publice și sustenabilitatea mediului. Prin intermediul senzorilor, a dispozitivelor conectate și a platformelor de analiză a datelor, orașele inteligente pot colecta informații despre diverse aspecte ale vieții urbane, de la trafic și energie până la siguranță, sănătate și educație. Aceste informații sunt apoi utilizate pentru a optimiza procesele, a lua decizii mai bune și a oferi servicii personalizate și eficiente[2].

Inteligența artificială (AI) joacă un rol crucial în dezvoltarea Smart City-urilor, oferind capacitatea de a analiza volumul mare de date, de a identifica modele și tendințe, de a lua decizii automate și de a oferi soluții inovatoare pentru problemele urbane complexe. De la gestionarea traficului și a energiei până la îmbunătățirea siguranței publice a serviciilor de sănătate și educație, AI transformă modul în care funcționează orașele și modul în care cetățenii interacționează cu acestea.

Fenomenul urbanizării, caracterizat printr-o migrație masivă a populației către centrele urbane, a cunoscut o accelerare semnificativă în ultimele decenii, determinând o presiune fără precedent asupra resurselor, infrastructurii și mediului. Dacă în anul 1950, 70% din populația globului locuia în mediul rural, în anul 2013 jumătate din populația globului locuia în orașe, utilizând două treimi din energie și generând trei sferturi din emisiile CO₂ din întreaga lume [2].

În anul 2035 jumătate din populația Africii va locui în orașe. Până în 2050 populația pe glob va crește la 9 miliarde și este de așteptat ca populația în orașe să crească de la 3,6 miliarde la 6,3 miliarde. Conform statisticilor ONU, dacă în anul 1970 existau două megaorașe (cu peste 10

mil. locuitori) în lume (New York și Tokyo), în 2011 s-a ajuns la 23, iar în 2014 la 27 de orașe, pentru anul 2025 se estimează ca vor exista 37 de megaorașe [2].

Deși orașele ocupă doar 3% din suprafața terestră, acestea concentrează o proporție considerabilă a populației globale și a activităților economice, generând o serie de provocări complexe.

Creșterea demografică urbană exponențială, proiectată să atingă 68% din populația mondială până în 2050 (conform unui raport al ONU), amplifică cererea pentru locuințe, energie, apă, alimente și alte resurse esențiale, exercitând o presiune considerabilă asupra resurselor naturale și a infrastructurii existente. În paralel, impactul asupra mediului este semnificativ, orașele fiind responsabile pentru o parte substanțială din emisiile de gaze cu efect de seră și din consumul de energie la nivel global. Această realitate contribuie la schimbările climatice, la poluarea aerului și a apei, precum și la alte probleme de mediu cu consecințe negative asupra sănătății umane și a ecosistemelor. Nu în ultimul rând, gestionarea deficitară a deșeurilor și a apelor uzate reprezintă o altă provocare majoră pentru orașe

În plus, multe orașe se confruntă cu o infrastructură învechită sau insuficientă, incluzând rețelele de transport, sistemele de alimentare cu apă și energie, sistemele de canalizare și de gestionare a deșeurilor. Aceste deficiențe pot conduce la congestie, întreruperi de servicii, ineficiență și o calitate scăzută a vieții pentru locuitori. Transportul public inadecvat, traficul congestionat și lipsa spațiilor de parcare completează lista provocărilor urbane.

În acest context complex, conceptul de Smart City a apărut ca o soluție promițătoare pentru a transforma orașele într-un mediu mai durabil, eficient și locuibil. Un Smart City poate fi definit ca un ecosistem urban în care tehnologia, datele și inteligența artificială sunt integrate pentru a îmbunătăți calitatea vieții cetățenilor, eficiența serviciilor publice și sustenabilitatea mediului[2].

Un oraș inteligent se distinge prin utilizarea extensivă a senzorilor și a dispozitivelor conectate pentru a colecta date despre diverse aspecte ale vieții urbane. Aceste date sunt apoi analizate pentru a obține informații și a lua decizii fundamentate. Implementarea de soluții inteligente vizează îmbunătățirea eficienței serviciilor publice, reducerea costurilor și oferirea unor experiențe superioare cetățenilor. Participarea activă a cetățenilor la procesul de luare a deciziilor și la dezvoltarea orașului este un alt element definitoriu al conceptului de Smart City.

Conceptul Smart City este sugestiv ilustrat în figura 2.1. [2].

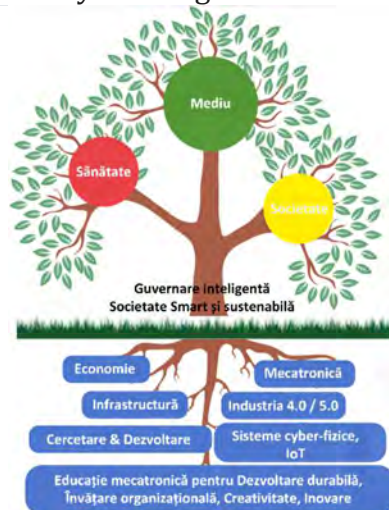


Fig. 2.1. Conceptul smart city

2.1.1. Pilonii de bază ai platformelor smart city

Potrivit recomandărilor la nivelul UE, platformele smart city se sprijină pe șase piloni , așa cum se prezintă în figura 2.2. În standardul ISO 37120/2018: *Dezvoltarea sustenabilă în comunități*, sunt explicitați indicatorii pentru servicii urbane și calitatea vieții.

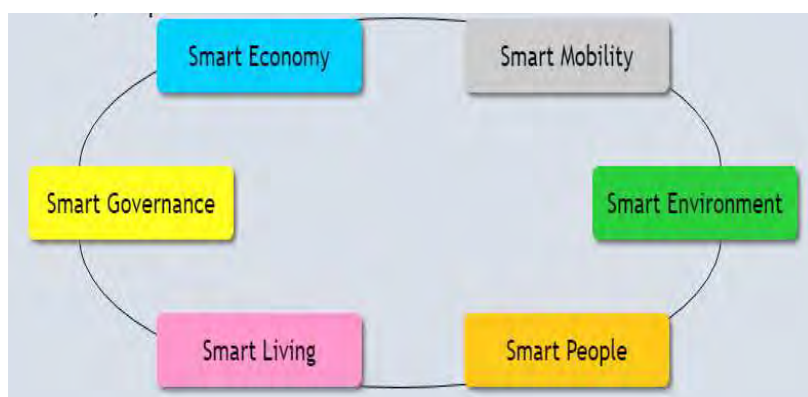


Fig. 2.2. Pilonii de bază ai platformelor smart city

Acești indicatori sunt definiți astfel: guvernare smart, economie smart, energie smart, clădiri smart, mobilitate smart, TIC smart, mediu smart, oameni smart și stil de viață smart.

Tehnologia și educația sunt esențiale în transformarea orașelor. Mecatronica, Internetul lucrurilor (IoT), Sistemele ciber-fizice (CPS), Cloud computing-ul, Inteligența artificială (AI), Big data și alte tehnologii avansate joacă un rol crucial în acest proces. Beneficiile unui Smart City sunt multiple, incluzând îmbunătățirea calității vieții, reducerea costurilor, creșterea eficienței administrației locale, promovarea dezvoltării economice și îmbunătățirea participării cetățenilor la administrarea orașelor.

AI poate fi aplicată în multiple domenii într-un Smart City, de la gestionarea traficului și a energiei până la îmbunătățirea siguranței publice, a serviciilor de sănătate și în educație. Capacitățile AI relevante includ analiza datelor, învățarea automată, predicția și optimizarea. Sinergia dintre AI, Big Data, IoT și Machine Learning potențează transformarea orașelor, permițând colectarea, stocarea, gestionarea și analiza datelor pentru a oferi servicii mai eficiente și a lua decizii mai bune.

2.2. Fundamentele inteligenței artificiale. Aplicații în dezvoltarea platformelor Smart City

2.2.1. Aspecte generale

La un deceniu de la decodarea funcționării dispozitivului Enigma folosit de naziști în al doilea război mondial, ceea ce a dus la câștigarea războiului de către trupele aliate, matematicianul Alan Turing a schimbat istoria omenirii pentru a doua oară, punând o simplă întrebare: "Pot mașinile să gândească?"

Lucrarea "Computing Machinery and Intelligence" publicată în 1950 a stabilit scopul și viziunea inteligenței artificiale [4]. Inteligența artificială este o componentă a tehnologiei informației care are drept scop replicarea inteligenței umane în domeniul mașinilor pentru a trece testul Turing definit în aceeași lucrare. În literatura de specialitate există mai multe definiții [2].

Într-un discurs din 2017 în cadrul Japan AI Experience [7], CEO-ul DataRobot, Jeremy Achim definește "AI ca fiind un sistem capabil să execute diferite sarcini obișnuite care necesită inteligență umană. Unele dintre aceste sisteme de inteligență artificială utilizează machine learning, unele utilizează învățare profundă (deep learning) iar altele utilizează reguli simple", cu scopul de a găsi modele, răspunsuri și

distribuții ascunse. Aplicațiile AI în domeniul tehnologic sunt explicitate în figura 2.3.

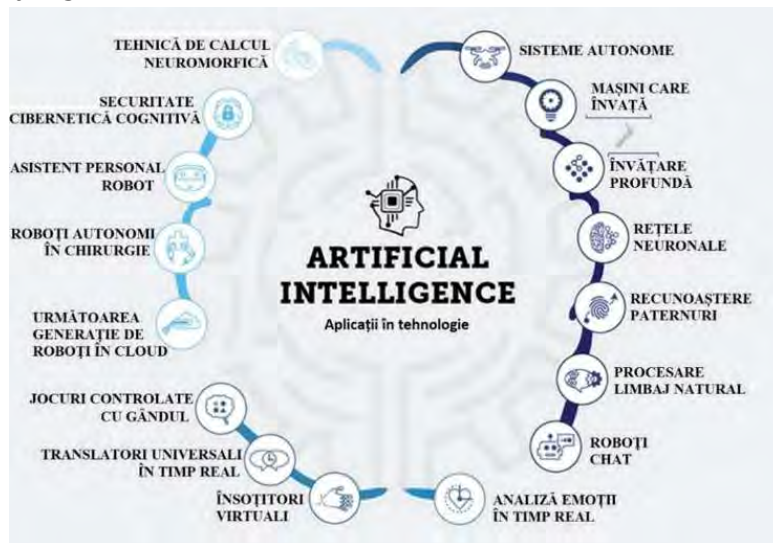


Fig. 2.3. Aplicațiile inteligenței artificiale

Gruparea (clustering) și asocierea (association) sunt exemple de probleme de învățare nesupervizată. K-means și auto-encoder sunt exemple de algoritmi.

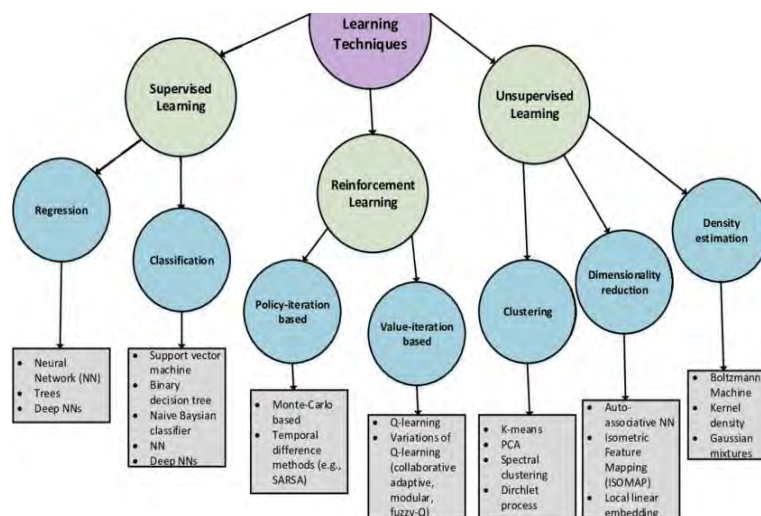


Fig. 2.4. Domeniile și subdomeniile specifice pentru machine learning

Scopul agentului RL (Reinforcement Learning) este de a-și îmbunătăți recompensele agregate pe termen îndelungat pe baza numeroaselor interacțiuni cu mediul dat. Partea algoritmului RL care

realizează interacțiuni și învață este cunoscută ca agent. Un agent a atins acest obiectiv printr-o politică optimă. O politică este o succesiune de acțiuni pentru un anumit set de stări, iar o politică optimă este una care maximizează recompensa globală pe termen îndelungat. Sarcina critică pentru un agent este de a exploata acțiunile deja cunoscute și, în același timp, de a explora noi acțiuni care pot oferi o recompensă mai bună față de cele mai bune acțiuni existente. Echilibrul dintre explorare și exploatare este o problemă centrală în configurarea RL, adică, un echilibru între maximizarea recompenselor din mișcările cunoscute și căutarea de orizonturi noi, care pot chiar să dea un rezultat mai bun. În general, algoritmi RL pot fi împărțiți în două tipuri, adică, bazați pe model și fără model. Algoritmi RL bazați pe model folosesc aproximatorul funcțiilor și sunt considerați ca mostre eficiente. Cu toate acestea, o problemă importantă în cadrul RL este o generalizare și generalizarea bazată pe model pentru algoritmi probabilistici, complexi și modelele cu dimensiuni ridicate nu sunt bune. Diferite tehnici de soluționare a problemelor RL bazate pe model includ funcția de valoare, căutarea de politici, funcția de returnare și modelele de tranziție. Monte Carlo (MC) și Temporal Difference (TD) sunt algoritmi RL fără model. Tehnicile Q-Learning și SARSA sunt exemple ale metodei TD[2].

2.2.2. Rețele neuronale artificiale. Perceptronul. Perceptronul multistrat

Un neuron artificial, în mod simplificat, este asemănător cu un neuron dintr-o rețea neuronală biologică. Acesta este modelat printr-o funcție matematică. Neuronul artificial este unitatea de bază a unei rețele neuronale artificiale. Un neuron artificial are o serie de noduri de intrare și un singur nod de ieșire conectat la toate nodurile de intrare[2]. Se poate observa că această structură este asemănătoare cu neuronul biologic care are dendrite la intrare și axon la ieșire.

Neuronul artificial poate avea una, sau mai multe valori de intrare, analog semnalelor aplicate dendritelor neuronului biologic. Valorile de intrare sunt însumate, producând la ieșire o valoare de activare precum semnalul de acțiune transmis de-a lungul axonului în cazul neuronului biologic. O paralelă între cei doi neuroni este ilustrată în figura 2.5.

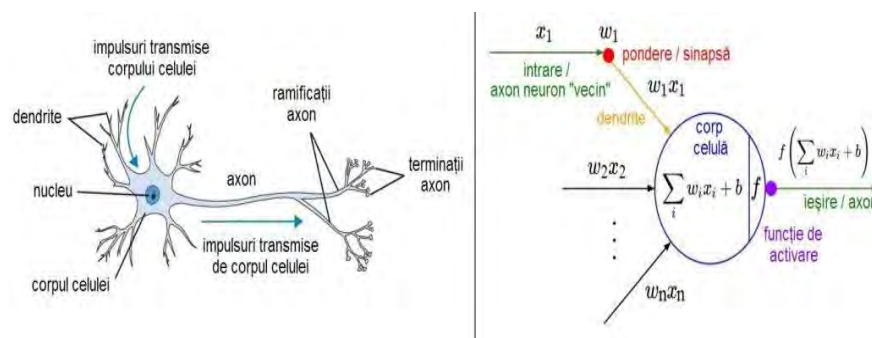


Fig.2.5 Paralelă neuron biologic- neuron artificial

Notăm cu x_i o intrare individuală a unui neuron artificial. Fiecare intrare x_i este înmulțită cu o pondere w_i și adunată cu celelalte rezultate ponderate ale intrărilor, iar rezultatul acesteia este transmis la ieșire printr-o funcție neliniară, denumită funcție de activare.

2.2.2.1 Perceptronul

Perceptronul este cea mai simplă rețea neuronală artificială și conține un singur neuron artificial. Acesta a fost introdus de Frank Rosenblatt (1958), având la bază cercetările lui Warren McCulloch și Walter Pitts (1943) care au încercat să modeleze funcționarea neuronilor din creierul animalelor folosind un model matematic[2].

Pe scurt, perceptronul (Figura 2.6) calculează suma ponderată a n valori numerice de intrare x_i :

$$y = wx + b = \sum_{i=1}^n w_i x_{i+b} \quad (2.1.)$$

asupra căruia se aplică o funcție neliniară, funcția de activare (funcția semn, funcții exponențiale etc.).

Termenul liber b este o constantă și permite translatarea funcției de activare în funcție în procesul de antrenare. Funcția pe care o poate realiza perceptronul este clasificarea binară. În faza inițială, aceste ponderi trebuiau stabilite empiric pentru fiecare problemă de clasificare în parte. În 1962, acest neajuns a fost eliminat de un algoritm propus de Rosenblatt. Scopul algoritmului a fost acela de stabilire a ponderilor. Modul de funcționare al acestuia este următorul: se pornește de la un set de ponderi aleatoare, nenule și se compară fiecare ieșire obținută cu

valoarea reală iar următorul pas este să se ajusteze ponderile pentru a elimina fiecare eroare de clasificare. Se repetă acest proces până când la finalul unei iterații nu se produce nici o schimbare a ponderilor, iar vectorul ponderilor reprezintă o soluție a problemei.

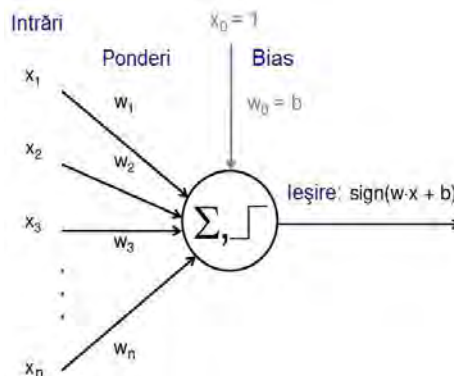


Fig.2.6 Perceptronul

Dacă se modifică cel puțin o pondere, se trece la iterația următoare. În cazul în care într-un număr prestabilit de iterații, nu s-a ajuns la soluția corectă a tuturor vectorilor, înseamnă că cele două clase nu sunt linear separabile și algoritmul este oprit, problema neputând fi rezolvată cu un perceptron.

2.2.2.2 Perceptronul multistrat

Perceptronul multistrat nu este altceva decât o rețea de perceptroni conectați între ei. Conectarea neuronilor se face printr-o succesiune secvențială de straturi conectate între ele. O astfel de rețea este compusă dintr-un strat de intrare, unul sau mai multe straturi intermediare și un strat de ieșire. Straturile se comportă asemănător cu o rețea neuronală biologică. Ieșirile unui strat reprezintă intrarea pentru stratul următor. Inițial toți perceptronii de pe un strat au fost conectați cu toți perceptronii de pe stratul următor, însă ulterior au fost introduse mecanisme care ajută la generalizarea problemei iar unele conexiuni sunt întrerupte în mod intenționat.

În cazul unei arhitecturi de tip perceptron multistrat cu mai multe straturi ascunse, putem vorbi despre rețele neuronale profunde. Un exemplu de conectare poate fi vizualizat în figura 2.7.

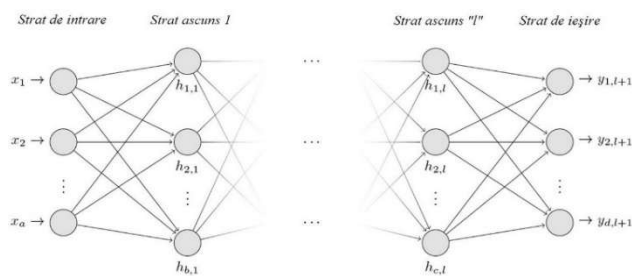


Fig. 2.7. Arhitectura generală a unui perceptron multistrat

Spre deosebire de perceptron, perceptronul multistrat prelucrează intrările în mod secvențial pe fiecare strat și utilizează funcții de activare derivabile, care să permită antrenarea. O astfel de funcție utilizată pentru activare este funcția sigmoid[2].

$$s(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (2.2.)$$

Perceptronul multistrat poate clasifica datele de intrare într-un număr dat de clase, stabilite în funcție de tipul de problemă ce se dorește a fi rezolvată. Vectorii de intrare trebuie să conțină o codificare a caracteristicilor relevante pentru identificarea categoriilor/claselor de date care trebuie clasificate. Etapa de extragere a caracteristicilor face parte din etapa de preprocesare a datelor din cadrul dezvoltării unei rețele și este în general o sarcină trivială. Valorile ponderilor perceptronilor rețelei sunt stabilite prin intermediul învățării supervizate, pe baza unor seturi de vectori de intrare și a valorilor de ieșire corespunzătoare acestora. Metoda dominantă pentru calcularea valorilor este cea propusă de Paul Werbos în anul 1974 în teza sa de doctorat la Harvard [2]. Aceasta se numește backpropagation și se bazează pe propagarea erorii înapoi și ajustarea ponderilor fiecărui perceptron cu scopul de a minimiza eroarea finală. Procesul de optimizare este unul iterativ prin care se urmărește diminuarea erorii la fiecare iterație, respectiv diferența dintre ieșirea dorită și cea obținută pe baza unei funcții de cost (loss function). Algoritmul cel mai utilizat pentru determinarea ponderilor este metoda gradientului (gradient descent) pe baza căruia se decide care ponderi și cu ce valori să fie ajustate pentru a descrește gradientul la fiecare pas. Acest proces poate necesita mii de iterații până când diferența dintre valoarea reală și cea calculată este mai mică decât o anumită valoare prestabilită.

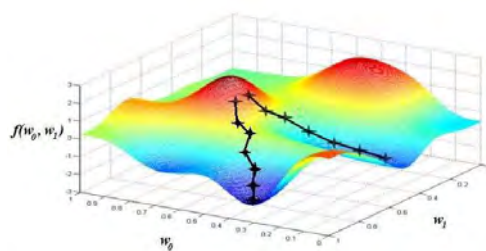


Fig.2.8. Metoda gradientului în backpropagation

Utilizând algoritmul backpropagation și gradient descent, rețelele de tip perceptron multistrat au făcut un mare pas înainte. Totuși, rețeaua, nu este scutită de limitări. Funcția de activare împreună cu backpropagation poate duce la estomparea gradientului (vanishing gradient) și să facă rețeaua să nu mai ajungă la minimul global când determină valoarea gradientului. Din această cauză numărul de straturi ascunse ale unui perceptron multistrat nu poate fi prea mare. Există diferite estimări pentru numărul ideal de straturi sau numărul ideal de neuroni însă nici acestea nu ajută în toate cazurile. Ulterior, au fost dezvoltate diferite tehnici pentru a scăpa de aceste probleme însă nu s-a ajuns la eliminarea completă a tuturor problemelor sau chiar dacă unele au fost rezolvate, au apărut altele.

2.2.3 Modele de învățare profundă în diferite clase de probleme

Învățarea profundă este unul dintre cele mai noi subdomenii ale inteligenței artificiale și se bazează pe rețele neuronale artificiale.

Modelele de învățare profundă precum rețelele neuronale profunde, rețele neuronale recurente sau rețelele neuronale convoluționale sunt aplicate cu succes în domenii precum recunoașterea limbajului natural, recunoașterea vorbirii, recunoașterea audio, traduceri automate, sisteme de supraveghere, conducere autonomă, analiza imaginilor medicale și au obținut rezultate comparabile sau uneori chiar mai bune decât experții umani[2].

Adjectivul profund din cadrul învățării profunde descrie faptul că o rețea neuronală artificială este compusă din mai multe straturi de neuroni conectați între ei. Rețelele profunde au apărut datorită faptului că un singur strat de neuroni nu poate fi considerat un clasificator general utilizând funcții de activare care nu sunt polinomiale. Numărul mare de

straturi de dimensiuni diferite permit implementarea practică și optimă a acestui tip de rețele în timp ce învățarea generalității problemei constrânsă de anumite condiții.

Având în vedere multitudinea de rețele neuronale utilizate pentru rezolvarea diferitor probleme, în continuare se prezintă detalii privind rețelele neuronale convoluționale, pentru analiza imaginilor.

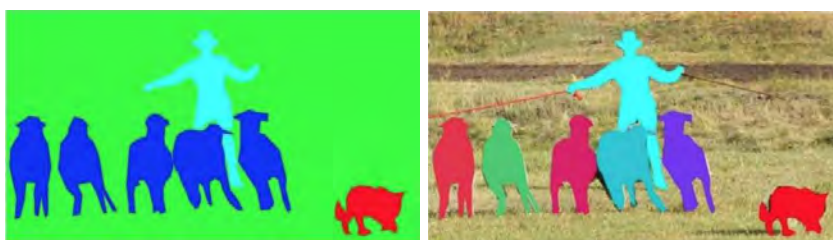
Cele mai comune clase de probleme din cadrul analizei imaginilor în care se utilizează rețele neuronale artificiale sunt: clasificarea, recunoașterea obiectelor, segmentarea și segmentarea instanțelor.

Toate cele 4 tipuri de probleme pot fi vizualizate în figura 2.9.



(a) Clasificare imaginilor

(b) Detectia obiectelor



(c) Segmentarea obiectelor

(d) Segmentarea instanțelor obiectelor

Fig. 2.9. Clase de probleme ale prelucrării imaginii cu rețele neuronale artificiale

Clasificarea imaginilor se referă la recunoașterea obiectelor de interes din fiecare imagine și categorisirea lor. Detectia obiectelor nu doar că va recunoaște obiectele din imagini dar va recunoaște și locația lor încadrată într-un chenar. Segmentarea și segmentarea la nivel de instanță vor avea ca rezultat încadrarea unui pixel într-o anumită categorie. Diferența dintre ele constă în faptul că segmentarea la nivel de instanță deosebește și instanțele de obiecte din imagine.

Rețelele neuronale convoluționale sunt alcătuite în principal din trei tipuri de straturi:

1. straturi convoluționale, unde un nucleu (kernel) este aplicat peste imagine pentru a extrage caracteristicile acesteia;
2. straturi neliniare, care aplică o funcție de activare peste proprietățile extrase de straturile anterioare cu scopul de a modela funcțiile neliniare de către rețea;
3. straturile de reducere, care înlocuiesc caracteristicile mai generale cu unele caracteristici determinate statistic (valoare medie, valoarea maximă, etc) pentru a reduce rezoluția.

Fiecare nucleu primește informații ponderate de la vecinii săi și de la unitățile stratului anterior. Stivuind straturile pentru a forma piramide de rezoluție multiplă, straturile de nivel superior învață caracteristici din ce în ce mai largi. Avantajul de calcul al unui CNN este faptul că toți nucleii dintr-un strat împart ponderile și astfel rezultă un număr mai mic de parametri decât la o rețea neuronală complet conectată.

2.2.3.1. Clasificarea obiectelor

Exemple de algoritmi tradiționali pentru clasificarea imaginilor sunt: nearest, neighbor și SVM. În anul 1989, s-au folosit pentru prima dată rețele neuronale artificiale pentru a clasifica imagini însă fără prea mare succes.

Succesul rețelelor neuronale profunde aplicate în cadrul procesării de imagini s-a datorat în mare parte inventării rețelelor neuronale convoluționale. Un alt factor important a fost disponibilitatea seturilor de date. Așa cum știm deja, problemele care țin de inteligența artificială se încadrează în două mari categorii sau o combinație a acestora: învățarea supervizată și nesupervizată. Învățarea supervizată necesită o cantitate mare de date adnotate.

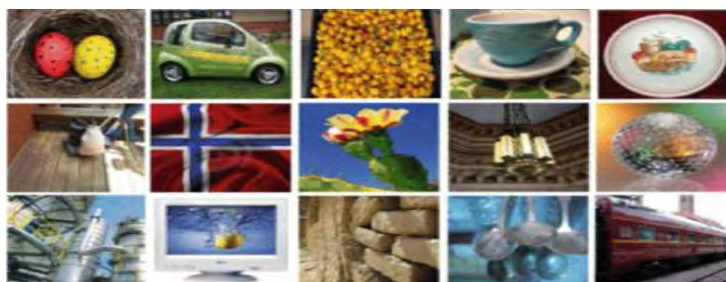


Fig. 2.10 Exemple de imagini din setul de date Imagenet

Deci, disponibilitatea unui set de date adnotat este foarte importantă pentru dezvoltarea unui algoritm de învățare supervizată așa cum este clasificarea obiectelor.

În anul 2007 cercetătoarea Fei-Fei Li a început crearea unui set de date pentru clasificarea obiectelor din imagini. Acest set de date a fost publicat pentru prima dată în anul 2009 în cadrul conferinței CVPR din Florida și s-a impus repede ca un standard pentru toate modelele noi specifice acestei clase de probleme. Setul de date conține 1.2 milioane de imagini diverse împărțite în 1000 de categorii. Câteva exemple de imagini sunt prezentate în figura 2.10.

În anul 2012, în cadrul conferinței NIPS a fost publicată pentru prima dată o lucrare în care se prezenta utilizarea rețelelor neuronale convoluționale profunde și care a obținut un salt de peste 10% și anume de la 26.2% la 15.3% în reducerea erorii față de abordările existente până în acel moment. Această rețea neuronală este denumită AlexNet [8] iar arhitectura acesteia este prezentată în figura 2.11.

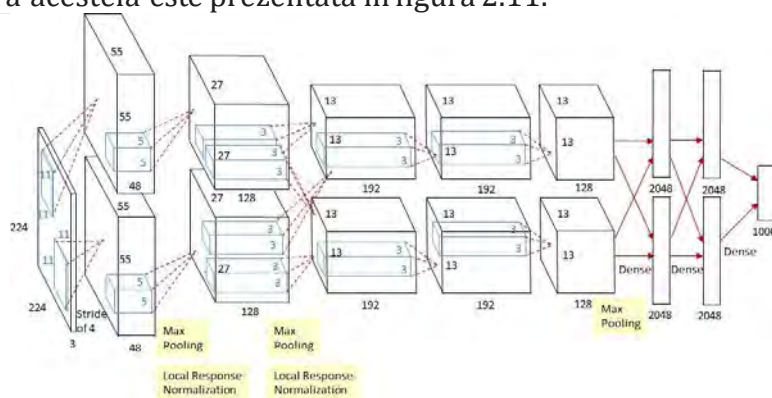


Fig. 2.11. Arhitectura modelului AlexNet

Rezultatele excepționale obținute de această rețea neuronală convoluțională au readus în vizorul cercetătorilor rețelele neuronale.

La doi ani după AlexNet, a fost lansată o nouă rețea neuronală denumită VGG [9]. Spre deosebire de AlexNet care utilizează parametri diferiți pentru kernels, VGG folosește doar kernels de dimensiune 3. Problema acestei rețele este că are foarte mulți parametri iar aceștia au un impact asupra performanțelor rețelei.

În anul 2015, a fost propus un set de rețele neuronale denumite ResNet [10] dintre care cea mai profundă are 152 de straturi și are mai puțini parametri decât VGG. Scopul acestei lucrări a fost să găsească alte structuri de rețele mai profunde și mai performante decât ce există

până în momentul respectiv. S-a pornit de la ipoteza că o rețea mai profundă ar trebui să fie cel puțin la fel de performantă ca rețelele mai puțin profunde. Totuși, la o primă încercare de a crea o rețea mai profundă s-a constatat că performanța rețelei scade odată cu adăugarea de straturi noi și asta datorită pierderii de informație de la un strat la altul. Pentru a rezolva această problemă, autorii au creat o scurtătură între valoarea de intrare a unui strat și ieșirea acestuia, ajutând astfel la reducerea pierderii de informație la reducerea pierderii de informație. Această scurtătură a dus la obținerea unei performanțe mai bune și cu un număr mai mic de parametri

ConvNet Configuration					
A	A-LRN	B	C	D	E
11 weight layers	11 weight layers	13 weight layers	16 weight layers	16 weight layers	19 weight layers
input (224×224 RGB image)					
conv3-64	conv3-64 LRN	conv3-64 conv3-64	conv3-64 conv3-64	conv3-64 conv3-64	conv3-64 conv3-64
maxpool					
conv3-128	conv3-128	conv3-128 conv3-128	conv3-128 conv3-128	conv3-128 conv3-128	conv3-128 conv3-128
maxpool					
conv3-256 conv3-256	conv3-256 conv3-256	conv3-256 conv3-256	conv3-256 conv3-256 conv1-256	conv3-256 conv3-256 conv3-256	conv3-256 conv3-256 conv3-256 conv3-256
maxpool					
conv3-512 conv3-512	conv3-512 conv3-512	conv3-512 conv3-512	conv3-512 conv3-512 conv1-512	conv3-512 conv3-512 conv3-512	conv3-512 conv3-512 conv3-512 conv3-512
maxpool					
conv3-512 conv3-512	conv3-512 conv3-512	conv3-512 conv3-512	conv3-512 conv3-512 conv1-512	conv3-512 conv3-512 conv3-512	conv3-512 conv3-512 conv3-512 conv3-512
maxpool					
FC-4096					
FC-4096					
FC-1000					
soft-max					

Fig. 2.12. Structura rețelei VGG [9]

O altă contribuție importantă a fost adăugarea algoritmului batch normalization [11], pentru a îmbunătăți performanța ratei de convergență a gradientului în procesul de antrenare. Datorită acestei lucrări BN a devenit un standard în antrenarea rețelelor neuronale profunde.

Pe lângă modelele reprezentative prezentate mai sus, mai există o mulțime de rețele noi apărute în ultimii ani. În figura 2.13 se poate observa că începând cu anul 2015 numărul de modele a avut o creștere exponențială iar acuratețea top 1 a ajuns în jurul valorii de 90% în timp ce acuratețea top 5 a ajuns la 98.7%.

2.2.3.2. Detecția obiectelor

La fel ca în cazul clasificării imaginilor, în decursul anilor s-au remarcat două seturi de date care au devenit un standard pentru testarea modelelor neuronale. Cele două seturi de date sunt COCO [12] și Pascal VOC [13]. Setul de date COCO conține atât chenarul unui obiect cât și masca acestuia care este folosită în segmentarea imaginilor. Spre deosebire de COCO, VOC are doar chenarele obiectelor iar ulterior pentru un subset de imagini au fost adăugate și măștile de segmentare însă VOC este folosit pentru a testa rețelele neuronale pentru detecția obiectelor. Primul model cu o contribuție importantă în rezolvarea acestei probleme este R-CNN [14].

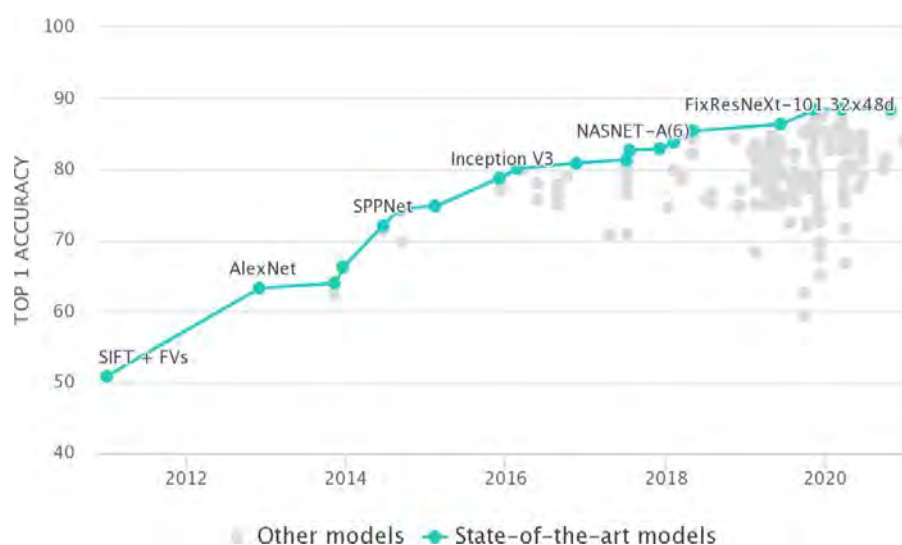


Fig. 2.13. Acuratețea rețelelor neuronale pe setul de date Imagenet

Regiunea de interes din cadrul unei imagini este propusă de către un algoritm de căutare selectivă [15], iar regiunea este tăiată și transmisă rețelei neuronale convoluționale pentru detecție. Totuși viteza acestei rețele lasă de dorit din moment ce sunt utilizate toate regiunile de interes fie că există obiect în acestea, fie că nu. Pentru a adresa această problemă a fost propusă o rețea denumită Fast R-CNN [16] care rezolvă problema generării regiunilor de interes. Într-o versiune ulterioară, în loc să se genereze aceste regiuni de interes utilizând algoritmul de căutare selectivă, se folosește o rețea neuronală convoluțională. Acest model este denumit Faster R-CNN [17]. R-CNN este mai mult un framework pentru detecție decât o rețea neuronală convoluțională deoarece folosește algoritmul de căutare selectivă. Pentru crearea regiunilor de interes, se folosește un CNN pentru a extrage proprietățile regiunilor iar apoi un SVM pentru a clasifica regiunile și un ultim pas de îmbunătățire a regiunilor de interes utilizând metoda prezentată în [18]. Modelul constă din două etape: propunerea regiunilor și cel de detecție. Având în vedere că pasul de detecție este unul scump din punct de vedere computațional dacă am lua imaginea întreagă, pasul de propunere a regiunilor poate face ca detecția să fie concentrată pe mai puține zone de interes, aproximativ 2000, și astfel se reduce complexitatea de calcul. Modelul RCNN este ilustrat în figura 2.14.

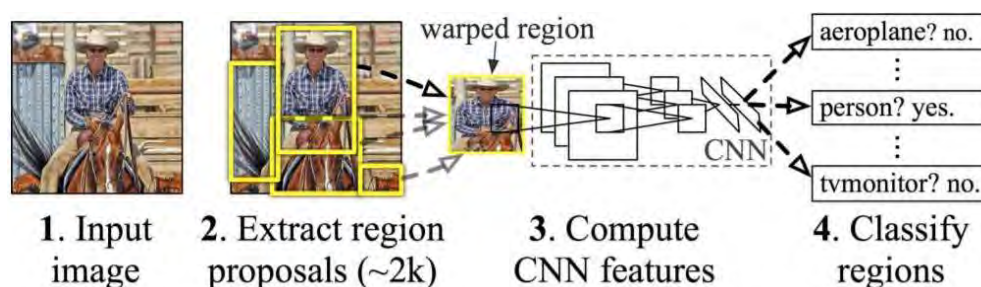


Fig.2.14. Arhitectura RCNN [14]

Fast R-CNN îmbunătățește RCNN pe baza a trei idei:

1. În loc să se facă operațiile de convoluție pe fiecare regiune în parte pentru a extrage proprietățile regiunii, Fast RCNN folosește întreaga imagine pentru operațiile de convoluție iar ulterior folosește regiunile de interes pentru a extrage proprietățile regiunilor;

2. Înlocuirea algoritmului SVM cu un strat de softmax pentru a folosi un singur framework pentru învățare profundă;
3. Fast R-CNN folosește un nou tip de funcție de loss pentru a clasifica obiectele și a calcula pasul de regresie a regiunilor de interes. Această funcție este denumită Multi-task loss.

Arhitectura rețelei Fast R-CNN este prezentată în figura 2.14. Faster RCNN introduce o rețea neuronală pentru a genera regiunile de interes denumită region proposal network (RPN). Metodele anterioare precum cea de căutare selectivă a regiunii de interes erau calculate utilizând procesorul calculatorului iar acest lucru le făcea să fie lente. RPN-ul poate folosi procesorul grafic al unității de calcul și poate chiar să partajeze straturile cu rețeaua de detecție ceea ce duce la o îmbunătățire semnificativă a vitezei.

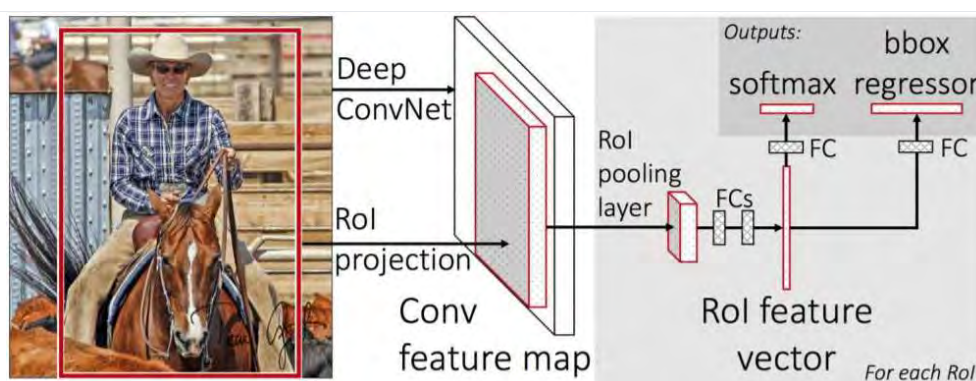


Fig. 2.15. Arhitectura Fast R-CNN [16]

Faster R-CNN presupune parcurgerea a trei pași:

1. rețea CNN extrage proprietățile imaginii;
2. RPN-ul este utilizat pentru extragerea regiunii de interes;
3. Se utilizează datele de ieșire de la pașii precedenți pentru a detecta obiectele din imagine.

2.2.3.3. Segmentarea obiectelor

Segmentarea imaginilor este o componentă esențială în multe sisteme de prelucrare video sau de procesare de imagini. Putem defini segmentarea ca fiind operația prin care o imagine sau imaginile dintr-un video sunt împărțite în mai multe segmente sau obiecte [19]. Câteva exemple de aplicații ale segmentării sunt analiza imaginilor medicale (de exemplu identificarea zonei unei tumori), vehicule autonome

(detectia suprafeței de rulare, a trotuarelor, a oamenilor), supraveghere video, realitate augmentată și multe altele. În literatură au fost dezvoltati mulți algoritmi de segmentare în decursul anilor precum: algoritmi care utilizează un prag [20], algoritmi bazați pe histogramă, k-means [21], dar și algoritmi mai avansați precum active contours [22] sau graph cuts [23].

Problema segmentării poate fi formulată ca problemă de clasificare a fiecărui pixel dintr-o imagine într-o anumită categorie și este o problemă mai dificilă decât o problemă de clasificare clasică care atribuie o singură categorie unei imagini. Segmentarea instanțelor este o extensie a problemei de segmentare cu scopul de a delimita fiecare obiect din imagine (de exemplu recunoașterea fiecărei persoane ca fiind diferită).

Există o multitudine de rețele de segmentare apărute în ultimii ani dintre care cele mai importante sunt prezentate în figura 2.16. Acestea pot fi grupate în câteva categorii generale după cum urmează:

1. Rețele total convoluționale;
2. Rețele convoluționale bazate pe modele grafice;
3. Rețele bazate pe modelul encoder-decoder;
4. Rețele bazate pe modelul R-CNN;
5. Rețele care utilizează operații de convoluție cu dilatare;
6. Rețele care utilizează mecanisme de atenție;
7. Rețele care utilizează modele generative;
8. Alte tipuri de rețele.

Primul model de rețea neuronală pentru segmentare este modelul U-Net creat de Ronneberger et al, pentru segmentarea imaginilor biologice microscopice. Arhitectura U-Net [24] constă din două părți, o parte de encodare cu rolul de a învăța contextul și o parte simetrică de expandare care are ajutor la o localizare precisă. Partea de encodare constă din straturi convoluționale cu nucleu de dimensiune 3x3 iar partea de expandare conține straturi de deconvoluție, reducând numărul de straturi de proprietăți în timp ce se crește dimensiunea imaginii. Pentru a combate pierderea de informație, la fel ca în cazul rețelelor de tip ResNet, se utilizează conexiunile dintre partea de encodare și partea de decodare. La final se utilizează o convoluție cu nucleu de dimensiune 1x1 pentru a genera masca de segmentare în care fiecare pixel aparține unei categorii.

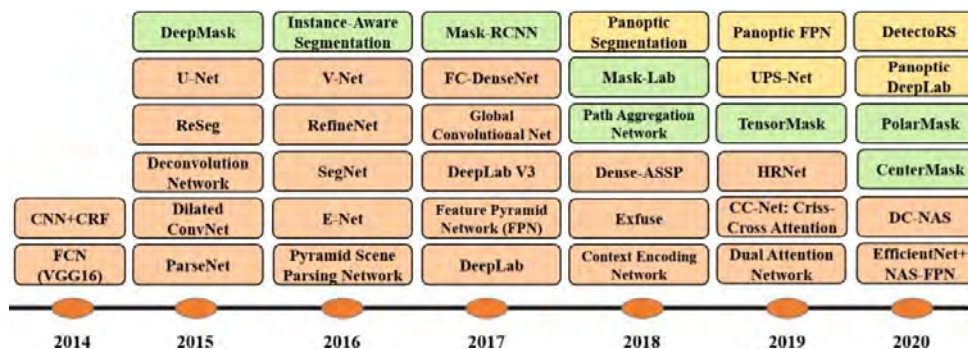


Fig. 2.16 Evoluția modelelor de segmentare din 2014 până în 2020.

Cu portocaliu sunt modele de segmentare, cu verde sunt cele de segmentarea instanței și cele cu galben sunt modelele de segmentare panoptică nucleu de dimensiune 1x1 pentru a genera masca de segmentare în care fiecare pixel aparține unei categorii.

U-Net a devenit o arhitectură foarte populară în rândul comunității și a fost folosită în multe aplicații cu diferite modificări. De exemplu, Zhou et al. [25] a dezvoltat o variantă de U-Net combinând mai multe sub-modele U-Net. Cicek [26] a propus o arhitectură U-Net pentru imagini 3D.

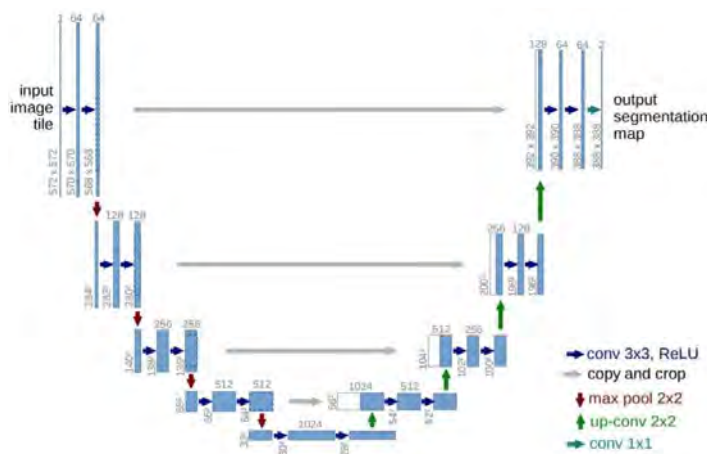


Fig. 2.17. Arhitectura U-Net

Bazându-se pe modelul Faster R-CNN, He et al. a propus un model pentru segmentarea instanțelor denumit Mask R-CNN și care a învins toți câștigătorii concursurilor setului de date COCO. Acest model detectează în

mod simultan obiectele din imagine dar generează și o mască a fiecărui obiect în parte. Funcția de optimizare a acestui model combină cu succes trei funcții de optimizare: cea pentru detecția coordonatelor chenarului obiectului, cea pentru clasificarea obiectului și cea pentru segmentare.

În figura 2.18 se pot observa câteva rezultate pe setul de date de testare al COCO.

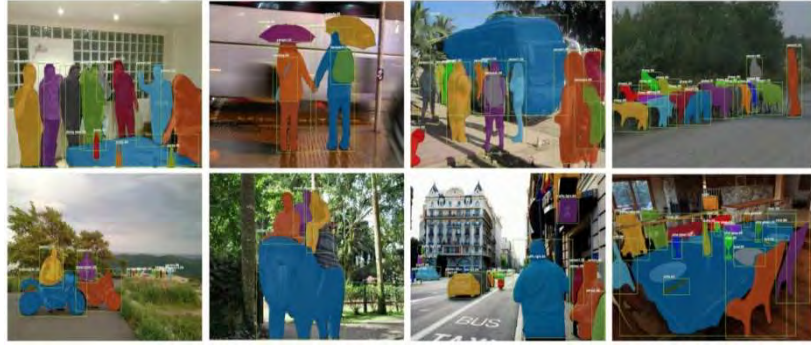


Fig. 2.18. Rezultate obținute aplicând arhitectura Mask R-CNN pe setul de date COCO

O altă clasă importantă de modele este cea care utilizează convoluții cu dilatare. Aceste convoluții introduc un parametru adițional într-o operație de convoluție denumit rata de dilatare. Convoluția dilatăată a unui semnal $x(i)$ este definită ca

$$y_i = \sum_{k=1}^K x[i + rk]w[k] \quad (2.3)$$

Unde: r este rata de dilatare și definește spațiul dintre valorile nucleului w . De exemplu, un nucleu de dimensiune 3×3 cu o rată de dilatare de 2 va avea aceeași dimensiune ca un nucleu de dimensiune 5×5 în timp ce utilizează doar 9 parametri, astfel se lărgțește suprafața nucleului fără a avea un efect asupra performanței (figura 2.19).

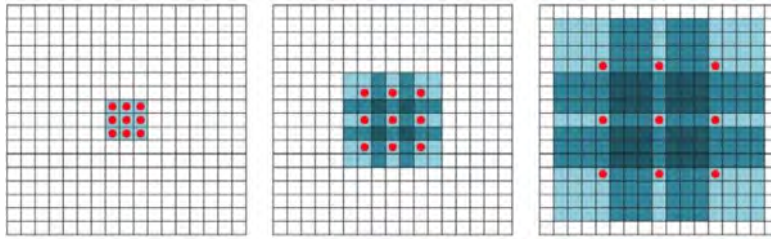


Fig. 2.19. Exemple de dilatare a unui nucleu de dimensiune 3x3. De la stânga la dreapta avem dilatare 1, 2 și 3

Dintre cele mai populare modele care utilizează acest tip de convoluții se numără familia DeepLab (DeepLabv1 [27], DeepLabv2 [28], DeepLabv3 [29] și DeepLabv3+ [30]) dezvoltată de Chen et al. Modelele se bazează pe trei observații cheie:

1. Prima este, desigur, utilizarea convoluțiilor cu dilatare pentru a rezolva problema scăderii rezoluției generate de straturile de max- pooling și de stride.
2. A doua observație este utilizarea Atrous Spatial Pyramid Pooling (ASPP), ceea ce face ca un strat convoluțional să fie aplicat la mai multe rezoluții ale imaginii, evident pentru a rezolva problema segmentării la diferite rezoluții.
3. A treia contribuție este îmbunătățirea localizării marginii obiectului prin combinarea metodelor de rețele convoluționale profunde cu modele grafice probabilistice. Ulterior DeepLabv3 a venit cu o modificare a dispunerii modulelor de convoluții cu dilatare și combinarea lor în cascadă cu unele paralele. Convoluțiile paralele sunt grupate în ASPP. Toate ieșirile sunt concatenate și se aplică o convoluție de 1x1 pentru a crea rezultatul final de ieșire.

În 2018, a fost făcută publică rețeaua DeepLabv3+ care utilizează o arhitectură de tip encodare-decodare. Pentru partea de encodare a fost folosit DeepLabv3. Poate cea mai importantă schimbare este cea legată de modificarea rețelei de bază a DeepLabv3 la rețeaua Xception care conține mai multe straturi și conține convoluții dilatate în locul straturilor de max pooling și batch normalization. Arhitectura modelului este prezentată în figura 2.20.

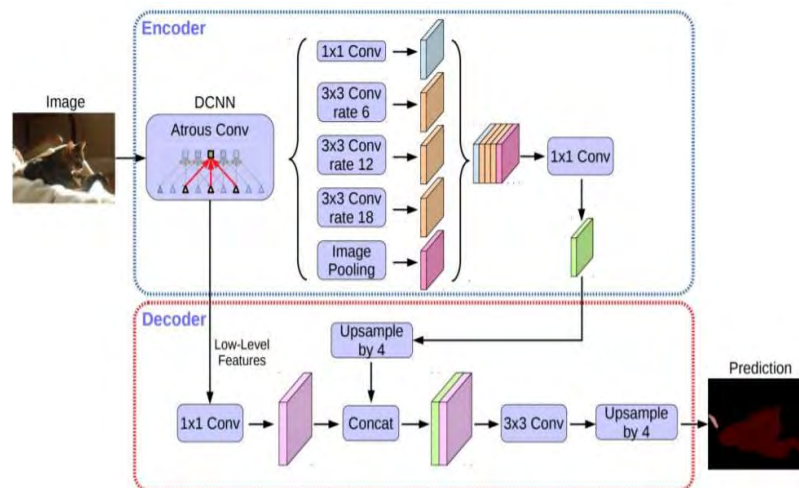


Fig. 2.20 Arhitectura modelului DeepLabv3+

2.2.4. Aplicații ale inteligenței artificiale în Smart City

2.2.4.1. Sisteme de transport inteligent

Sistemele de transport inteligent integrează în structură: senzori, sisteme de control și sisteme ce țin de tehnologia informației. Toate aceste componente generează o cantitate mare de date și au un impact semnificativ asupra viitorului sistemelor de transport și desigur, asupra unui smart city [31]. Datorită volumului mare de date care trebuie analizate, inteligența artificială este soluția care să valorifice la maxim potențialul acestor date. De exemplu, tehnicile de AI sunt folosite în monitorizarea și estimarea în timp real a traficului din orașe [32,33]. În continuare se prezintă câteva exemple de utilizare a inteligenței artificiale pentru crearea unor sisteme de transport inteligent care vor avea un rol semnificativ în dezvoltarea orașelor smart.

Câteva aplicații care pot fi utilizate cu succes într-un smart city sunt sistemele pentru analiza traficului, gestionarea flotei de mașini, estimarea posibilității de accidente etc, toate fiind realizate cu tehnici de machine learning [34]. În [35], sunt prezentate probleme precum predicția traiectoriei, securitatea sistemelor ciber-fizice și gestionarea flotelor de mașini utilizând tehnici de reinforcement learning profunde. Într-o altă lucrare [36], autorii au efectuat un studiu pentru a utiliza în mod eficient datele despre traiectoriile GPS ale taxiurilor într-o zonă pentru a găsi pasageri. Sistemul propus de recomandare se bazează pe tehnici de rețele neuronale artificiale profunde. În cadrul sistemului,

găsirea pasagerilor se realizează astfel: taximetriștii sunt obiectele de învățare, pentru a prevedea starea drumului și pentru a evalua câștigul net. Sistemul de recomandare propus este evaluat folosind un set de date reale care îi confirmă eficiența și eficacitatea. În multe lucrări este subliniat faptul că în viitor sistemele de transport inteligent vor putea comunica între ele și vor putea comunica cu infrastructura însă aceasta aduce numeroase probleme de alocare a resurselor în cadrul comunicării unicast sau broadcast. Ye și colaboratorii, au reușit să rezolve această problemă de alocare a resurselor utilizând tehnici de reinforcement learning profunde [37]. Conform tehnicii propuse, un vehicul sau o legătură vehicul-vehicul poate decide singur frecvența și sub-banda optimă pentru comunicare fără să fie nevoie de informații globale despre utilizarea rețelei. Rezultatul simulării ilustrează faptul că fiecare utilizator sau agent învață în mod eficient să respecte cerințele de latență de comunicare în cazul comunicării vehicul-vehicul și să optimizeze interferența în comunicațiile vehicul-infrastructură. Principalele sisteme de comunicare într-un sistem de transport inteligent sunt exemplificate în figura 2.21.

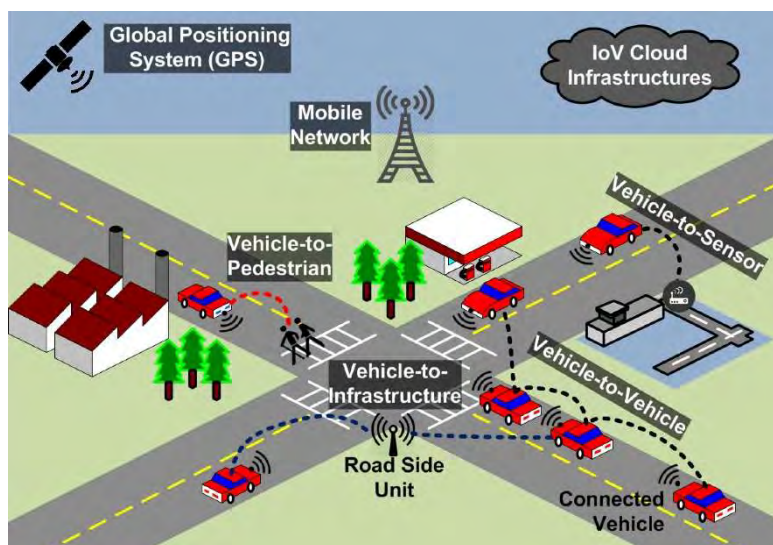


Fig. 2.21. Modalități de comunicare într-un sistem de transport inteligent

În ultima perioadă, tot mai multe companii vor să folosească vehicule aeriene pentru a transporta bunuri și pentru a realiza deplasări între diferite coordonate cu ajutorul vehiculelor aeriene (figura 2.22).

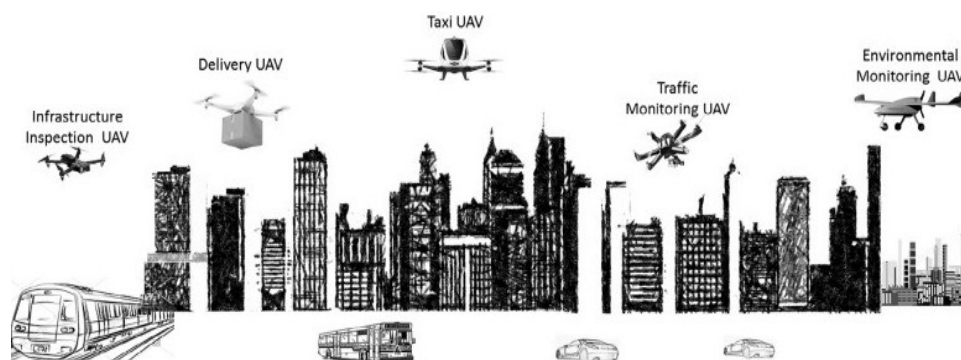


Fig. 2.22. Tipuri de vehicule aeriene în cadrul unui smart city

Apariția acestora a fost determinată de congestiile de pe șosele și din dorința de a livra comenzile clienților din depozite la adresele de destinație în cel mai scurt timp posibil. Toate aceste cerințe de business necesită optimizarea rutelor și gestionarea consumului de energie, sarcini ce pot fi realizate cu ajutorul inteligenței artificiale. În [36], autorii au propus o tehnică prin care vehiculele aeriene devin conștiente de trafic pentru a facilita desfășurarea acestora în mediu și pentru a îmbunătăți calitatea serviciilor. Vehiculele implementate acționează ca noduri de calcul într-un mediu de congestionare a traficului și evenimente conexe. Performanța metodei propuse a fost validată prin rezultatele simulării. Autorii lucrării [38] au propus o arhitectură de vehicule bazată pe reinforcement learning profund cu scopul de a oferi acoperire pentru rețeaua de telecomunicații dintr-o anumită regiune. Obiectivele modelului propus au fost să maximizeze aria de acoperire în zona definită, să optimizeze consumul de energie al vehiculului aerian, să mențină conectivitatea între vehicule și să fie utilizate un număr minim de vehicule în zona de interes. Performanța modelului este validată prin intermediul simulatoarelor.

2.2.4.2. Securitatea

Fundamentul unui smart city este compus din senzori, actuatori și relee care colectează, procesează și transmit date într-un mod sigur și securizat pentru a crea servicii digitale eficiente. Această interconectare a

dispozitivelor generează îngrijorări dar și oportunități în ceea ce privește securitatea datelor și impactul acestora asupra unui număr mare de persoane [39]. În lucrarea [40] sunt prezentate o serie de amenințări din multiple sectoare ale unui smart city, inclusiv sisteme de automatizare a locuințelor, stocarea datelor în cloud dar și protocoale nesigure în rețelele de telecomunicații. Autorii se concentrează pe cerințele transmițerii de date pentru a putea investiga posibile incidente viitoare.

Volumul de date și numărul mare de dispozitive conectate pot face ca mitigarea tuturor riscurilor să fie o adevărată provocare. În [41], de exemplu, este evidențiată dificultatea gestionării cheilor criptografice pentru contoarele smart într-un scenariu în care cheile sunt actualizate periodic. Pentru a înțelege amenințările cu care se confruntă orașele și pentru a evalua vulnerabilitatea, abordările de modelare a problemelor de securitate sunt adresate în [42]. Această modelare și evaluare este generalizată în continuare în [43] unde se discută despre conceptul de oras, sigur, prin care se îmbunătățește eficacitatea proceselor de securitate și asistența medicală. Autorii lucrării [44] au utilizat tehnici de reinforcement learning profunde pentru a detecta și a diferenția traficul normal de date față de cel anormal. Ei au propus un framework de învățare profundă distribuit pentru a detecta și a identifica atacurile cibernetice în cadrul aplicațiilor IoT din cadrul unui smart city. Eficiența și eficacitatea modelului propus sunt net superioare față de tehnicile clasice. Într-o altă lucrare, autorii au utilizat un model bazat pe random forest trees pentru a detecta activitățile suspecte de la nivelul dispozitivelor [45]. Securitatea nu trebuie să fie asigurată doar la nivelul dispozitivelor sau al rețelei dar trebuie și la nivelul aplicațiilor de cloud. În lucrarea [46], autorii propun o metodă bazată pe inteligența artificială pentru a identifica atacurile cibernetice și pentru a crea servicii de calitate pentru vehiculele conectate la aplicația respectivă. Mecanismul de detecție al intrusului se bazează pe trei faze: analiza traficului, compresia și un set de mecanisme de clasificare a cererilor către servere. Performanța sistemului a fost validată prin intermediul simulării.

2.2.4.3. Sistem de gestionare a energiei pentru clădiri smart

Clădirile sunt un consumator important de energie, 40% din energia globală este consumată de clădiri [47]. Chiar dacă acestea includ sisteme complexe de încălzire, și răcire și au cerințe energetice complexe, deciziile operaționale sunt bazate pe sisteme tradiționale de reguli, ceea ce duce la pierderi de energie și creează sisteme ineficiente din punct de vedere energetic [48]. Având în vedere eforturile mondiale

de reducere a poluării, a apărut dorința de a face trecerea sistemelor de încălzire spre unele bazate pe energie electrică (în principal prin pompe de căldură) [49] și consolidarea abordărilor energetice integrate [50]. În plus, o gestionare mai eficientă a datelor generate de dispozitivele conectate la Internet introduce oportunitatea schimbării [51], cu posibilitatea de îmbunătățire a tehnicilor de monitorizare și diagnosticare, cum ar fi modelele de rețele neuronale dezvoltate în [52]. Prin utilizarea unor tehnici de modelare și control inteligente, permise de accesul sporit la datele măsurate din clădiri și mediul extern, au fost raportate reduceri semnificative ale consumului de energie în [53], cu economii potențiale de aproximativ 30% realizate prin automatizare.

Sistemul de încălzire și răcire tradițional nu este eficient din punct de vedere al consumului de energie iar pentru a îmbunătăți consumul, în literatura de specialitate apare din ce în ce mai des folosirea unor abordări mai avansate de control precum modelul de control predictiv. În astfel de abordări, funcționarea sistemului este optimizată folosind metode dinamice predictive, adesea pentru a reduce consumul de energie supus restricțiilor de confort. Au fost propuse mai multe variante ale metodei generale, cum ar fi o abordare prioritizată de obiective în lucrarea [54] pentru a evita necesitatea unei selecții excesive a parametrilor și a abordării stocastice a [55], formulată pentru a încorpora cât mai bine incertitudinea.

Susținerea strategiilor de control este capacitatea de utilizare a datelor pentru a dezvolta modele mai precise ale comportamentului termic și electric al clădirilor [56]. O abordare bazată pe rețele neuronale propusă în [57] se dovedește a fi eficientă pentru prognozarea consumului de energie electrică, în timp ce în [58], se aplică în mod similar o abordare a rețelelor neuronale.

În figura 2.23 se prezintă structura unei clădiri inteligente.



Fig. 2.23. Structura unei clădiri inteligente

Odată ce sistemele de control sunt eficiente, mai există alte componente care pot fi îmbunătățite precum: predicția prețului energiei electrice și a necesității. În lucrarea [59], autorii au propus un model bazat pe inteligența artificială, denumit Deep Long Short-Term Memory, pentru a prezice prețul curentului electric cu o zi sau o săptămână în avans și au folosit date reale din piața de energie electrică pentru a testa modelul propus. Performanța modelului a fost evaluată utilizând Normalized Root Mean Square Error și Mean Absolute Error. Modelul propus depășește metodele standard în termeni de acuratețe a prezicerii prețului dar și a necesității.

O altă necesitate pentru a menține liniile electrice funcționale este inspecția acestora. Lucrarea [61] prezintă o metodă de reinforcement learning profundă pentru inspecția liniilor de curent utilizând vehicule aeriene. Metoda propusă detectează cu succes defecte ale stâlpilor, liniilor de curent etc. Rezultatele experimentale arată faptul că metoda propusă are un rol eficient în monitorizarea liniilor de curent și contribuie la eficiența sistemelor energetice smart. O altă lucrare se concentrează pe aplicarea tehnicilor de reinforcement learning profunde pentru analiza și monitorizarea turbinelor eoliene

[60]. Sistemul analizează imaginile achiziționate de către camerele de supraveghere montate pe vehiculele aeriene și detectează defectele. Acuratețea sistemului este asemănătoare cu acuratețea inspecției unui om. Schema logică a detecției este prezentată în figura 2.24.

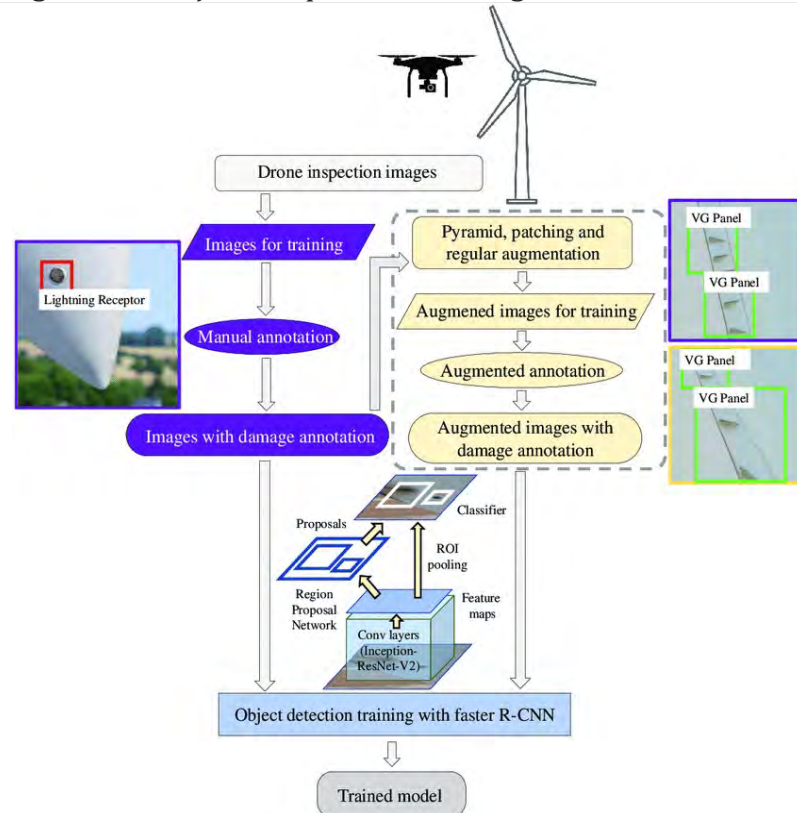


Fig. 2.24. Modelul de detecție a defectelor folosind drone [60]

2.2.4.4. Metodologia elaborării unui proiect în domeniu

Dezvoltarea unui proiect de inteligență artificială presupune un set de pași standard care trebuie urmați. Acești pași sunt: definirea obiectivelor proiectului, colectarea datelor, pregătirea datelor, dezvoltarea modelului de inteligență artificială, antrenarea modelului și evaluarea acestuia (figura 2.25). Toți acest pași se pot repeta într-un ciclu în funcție de rezultatele obținute sau unii dintre ei pot fi evitați în funcție de particularitățile proiectului. Acesta este un model general care se aplică

în cazul tuturor tipurilor de probleme fie că sunt ele supervizate, semi-supervizate sau nesupervizate.

Primul pas se referea la definirea obiectivelor proiectului. În cadrul acestui pas trebuie să ne gândim la scopul final al proiectului iar obiectivele setate trebuie să fie de tip SMART. Este foarte important ca pe lângă obiectivul de recunoaștere a unui obiect, de exemplu, să definim și metrica care va determina dacă am avut succes sau nu în realizarea acestui proiect. Un exemplu de astfel de metrică este: să recunoaștem merele din setul de imagini cu o acuratețe de 90% iar timpul de execuție să fie de 0.1 secunde per imagine. Este important să definim și o perioadă de timp în care ar trebui să atingem metricele de performanță deoarece de cele mai multe ori efortul pentru a îmbunătăți un model are o curbă exponențială în timp ce îmbunătățirile aduse sunt tot mai mici. În exemplul problemei de mai sus, este ușor să atingem acuratețea de 85% însă ultimele 5 procente sunt cele mai greu de atins. Poate uneori, o schimbare a abordării după perioada alocată unui ciclu de dezvoltare îmbunătățește metricele mai mult decât dacă am fi stat pe o abordare veche iar efortul este mai mic.

Al doilea pas este colectarea datelor. Procesul de colectare a datelor depinde de tipul de problemă care vrem să o rezolvăm. Pentru cercetare putem folosi un set de date consacrat în domeniul de cercetare aferent problemei și acest pas nu e necesar. În cazul proiectelor comerciale se poate întâlni cazul când deja există sisteme care colectează diferite tipuri de date precum fișiere, baze de date sau poate exista cazul în care este necesar construirea unei platforme de colectare a datelor de la senzorii unui robot și stocarea acestora. Datele din cazul doi nu pot fi folosite direct deoarece putem să avem zgomot în ele sau unele informații pot să lipsească.

Următorul pas firesc este pre-procesarea datelor care este cel mai important pas în cadrul dezvoltării unui agent de inteligență artificială. Este important pentru ca un set de date de calitate ajută la îmbunătățirea performanțelor modelului. Pentru rezolvarea acestui tip de probleme, există o regulă nescrisă, și anume regula 80/20. Orice persoană trebuie să petreacă 80% din timp pentru pre-procesarea datelor și 20% din timp pentru a face analiza acestora. Pasul de pre-procesare este un proces de curățare a datelor colectate din lumea reală și convertite într-un set de date curat.

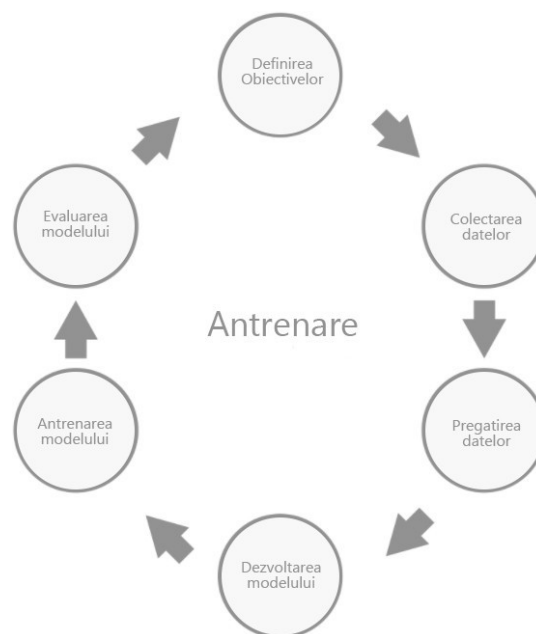


Fig. 2.25. Etape în dezvoltarea unui proiect de inteligență artificială

În general sunt trei categorii mari de date care produc probleme la antrenare:

1. Date lipsă: Datele lipsă se regăsesc în momentul în care acestea nu sunt create în continuu sau datorită unor erori tehnice ale sistemului care produce date (IoT).
2. Date cu zgomot: Date care sunt denumite în literatură outliers, acestea pot să apară din cauza erorilor umane sau din cauza unei probleme tehnice sau limitărilor de fabricare ale unui senzor.
3. Date inconsistente: Acest tip de erori se datorează erorilor umane sau a datelor duplicate.

Dezvoltarea modelului presupune implementarea efectivă a rețelei neuronale utilizând un framework specific.

Antrenarea și evaluarea modelului dezvoltat în pasul anterior începe cu împărțirea setului de date în trei subseturi: antrenare, validare și testare. Setul de antrenare este setul de date folosit pentru a învăța modelul de inteligență artificială modul în care să proceseze informația. Setul de validare este folosit pentru a testa dacă rețeaua neuronală este capabilă să modeleze date care nu au mai fost văzute de către aceasta până în momentul respectiv. Setul de testare este folosit pentru a testa dacă modelul învățat să generalizeze informațiile învățate în timpul antrenării. De exemplu, să învețe să recunoască un măr în orice imagine

nu doar în imaginile din bucătărie. În funcție de tipul de problemă procentajele de împărțire în subseturi pot să difere. Standard avem 70% pentru setul de antrenare, 20% pentru setul de validare și 10% pentru setul de testare. Este important de reținut că o rețea neuronală va funcționa atâta timp cât imaginile de intrare au aceleași caracteristici ca și imaginile din setul de antrenare.

În urma evaluării modelului obținut și comparând rezultatele cu metricile impuse în pasul de definire a problemei se poate decide dacă proiectul a fost un succes sau nu. În funcție de aceste rezultate se poate relua ciclul de la pasul 1 sau se poate trece la alt pas intermediar. Poate exista cazul când metricile definite în etape de definire a scopului proiectului să nu corespundă cu rezultatele obținute din cauza unor limitări tehnice sau poate din cauza unor probleme a setului de date. Trebuie făcută o analiză detaliată a etapelor parcurse până în momentul respectiv iar în funcție de aceste rezultate se ia o decizie cu privire la etapele următoare.

2.3. Big Data și Cloud Computing în Smart City

2.3.1. Utilitatea Big Data în Smart City

În era urbanizării accelerate și a digitalizării omniprezente, orașele inteligente generează cantități masive de date, un fenomen adesea denumit Big Data. Aceste date, provenind dintr-o multitudine de surse eterogene, cum ar fi rețele de senzori distribuiți, dispozitive mobile personale, infrastructuri de transport inteligente, clădiri echipate cu sisteme de monitorizare, platforme de social media și altele, oferă o imagine complexă și dinamică a realității urbane.

Big Data joacă un rol crucial în transformarea orașelor în entități mai eficiente, durabile și centrate pe cetățeni. Prin analiza inteligentă a acestor volume mari și variate de date, se pot identifica modele, tendințe și corelații care ar fi fost imposibil de observat prin metodele tradiționale de analiză. Această înțelegere profundă a datelor permite administrațiilor locale și altor părți interesate să ia decizii mai informate, bazate pe dovezi concrete și nu doar pe intuiție sau presupuneri[2].

În primul rând, Big Data facilitează o mai bună înțelegere a dinamicii urbane. Prin analiza datelor demografice, a modelelor de trafic, a utilizării resurselor (apă, energie, transport) și a altor indicatori, se pot identifica punctele forte și punctele slabe ale orașului, precum și nevoile specifice ale diferitelor comunități. Această cunoaștere aprofundată

permite o planificare urbană mai eficientă, o alocare optimă a resurselor și o adaptare mai rapidă la schimbările sociale, economice și de mediu.

În al doilea rând, Big Data contribuie la îmbunătățirea serviciilor publice oferite cetățenilor. Prin analiza datelor despre preferințele și comportamentul utilizatorilor, se pot personaliza serviciile, anticipa cererea și optimiza furnizarea acestora. De exemplu, sistemele de transport public pot fi adaptate în timp real în funcție de fluxurile de pasageri, iar serviciile de urgență pot fi direcționate mai eficient către zonele cu cea mai mare nevoie.

În al treilea rând, Big Data sprijină dezvoltarea de soluții inovatoare pentru rezolvarea problemelor urbane complexe. Prin analiza datelor despre poluare, trafic, criminalitate sau alte aspecte relevante, se pot identifica cauzele profunde ale acestor probleme și se pot dezvolta strategii mai eficiente pentru a le aborda. De exemplu, analiza datelor despre calitatea aerului poate permite identificarea surselor de poluare și implementarea de măsuri pentru reducerea emisiilor.

Nu în ultimul rând, Big Data permite o mai bună implicare a cetățenilor în viața orașului. Prin intermediul platformelor online și al aplicațiilor mobile, cetățenii pot avea acces la datele publice, pot oferi feedback asupra serviciilor și pot participa la procesul de luare a deciziilor. Această transparență și interacțiune crescută contribuie la consolidarea democrației și la creșterea gradului de încredere în administrația locală.

În concluzie, Big Data reprezintă un instrument puternic pentru transformarea orașelor în Smart Cities mai eficiente, durabile și centrate pe cetățeni. Prin analiza inteligentă a datelor, se pot obține informații utile care permit o mai bună înțelegere a dinamicii urbane, îmbunătățirea serviciilor publice, dezvoltarea de soluții inovatoare și o mai mare implicare a cetățenilor. Cu toate acestea, este important să se abordeze cu responsabilitate aspectele legate de confidențialitatea și securitatea datelor, precum și cele etice și sociale, pentru a asigura că beneficiile Big Data sunt accesibile tuturor și că drepturile cetățenilor sunt protejate.

2.3.2. Caracteristicile Big Data

Big Data în contextul Smart City se distinge printr-o serie de caracteristici esențiale, care îi conferă unicitate și relevanță în peisajul urban contemporan. Aceste caracteristici, adesea descrise prin acronimul "5V" (Volum, Varietate, Viteză, Veracitate, Valoare), conturează un cadru complex și dinamic, ce necesită o abordare specifică în ceea ce privește gestionarea și analiza datelor[2].

Volumul se referă la cantitatea masivă de date generate de diversele surse urbane. De la rețelele de senzori care monitorizează calitatea aerului și traficul, până la dispozitivele mobile ale cetățenilor și platformele de social media, volumul de date crește exponențial, atingând dimensiuni de ordinul petabyților sau chiar exabyților. Această abundență de date oferă un potențial enorm pentru a obține o înțelegere profundă a fenomenelor urbane, dar, în același timp, reprezintă o provocare semnificativă în ceea ce privește stocarea, procesarea și analiza eficientă a datelor.

Varietatea reflectă diversitatea tipurilor de date generate în Smart City. Datele pot fi structurate (de exemplu, date din baze de date, tabele, fișiere CSV), semi-structurate (de exemplu, jurnale, fișiere XML, JSON) sau nestructurate (de exemplu, texte, imagini, video-uri, audio). Această eterogenitate a datelor necesită instrumente și tehnici de analiză sofisticate, capabile să integreze și să interpreteze informații din surse diferite.

Viteza se referă la rapiditatea cu care sunt generate și colectate datele. În contextul urban, multe date sunt generate în timp real sau aproape real, cum ar fi datele despre trafic, consumul de energie sau activitatea pe rețelele sociale. Această viteză impune cerințe ridicate în ceea ce privește capacitatea de a procesa și analiza datele în timp util, pentru a putea lua decizii rapide și eficiente.

Veracitatea reflectă gradul de încredere și acuratețe al datelor. În Smart City, datele pot proveni din surse diverse, unele mai fiabile decât altele. Este esențial să se evalueze cu atenție calitatea datelor și să se utilizeze metode de validare și curățare a datelor pentru a asigura că analiza se bazează pe informații corecte și relevante.

Valoarea reprezintă potențialul de a extrage informații utile și de a genera valoare din date. În Smart City, valoarea Big Data constă în capacitatea de a oferi o înțelegere mai profundă a fenomenelor urbane, de a îmbunătăți serviciile publice, de a optimiza alocarea resurselor și de a sprijini dezvoltarea de soluții inovatoare.

Importanța Big Data în contextul urban este evidentă într-o gamă largă de domenii. De la planificarea urbană și gestionarea traficului, până la energie inteligentă, siguranță publică, servicii publice și mediu. Big Data oferă un instrumentar valoros pentru a aborda provocările complexe ale orașelor contemporane și pentru a construi un viitor mai inteligent și mai durabil. Prin analiza inteligentă a datelor, se pot identifica modele, tendințe și corelații care permit o mai bună înțelegere a realității urbane și sprijină procesul de luare a deciziilor bazate pe dovezi.

2.3.3. Cloud Computing ca potențiator al Big Data în Smart City

În contextul complex și dinamic al Smart City-urilor, unde volumul, varietatea și viteza datelor sunt în continuă creștere, cloud computing-ul emerge ca un potențiator crucial al Big Data. Prin infrastructura sa scalabilă, flexibilă și cost-eficientă, cloud computing-ul oferă orașelor capacitatea de a stoca, procesa și analiza volumele masive de date generate, fără a fi nevoie de investiții semnificative în infrastructură hardware locală.

Scalabilitatea este una dintre cele mai importante caracteristici ale cloud computing-ului în contextul Smart City. Pe măsură ce volumul de date crește, resursele cloud pot fi scalate rapid și eficient, permițând gestionarea fluentă a datelor și evitând limitările impuse de infrastructura hardware tradițională. Această elasticitate a resurselor cloud permite orașelor să se adapteze dinamic la cerințele în schimbare ale mediului urban, fără a fi nevoie de investiții costisitoare și de lungă durată.

Flexibilitatea este un alt avantaj major al cloud computing-ului. Platformele cloud oferă acces la o gamă largă de servicii și instrumente de analiză a datelor, de la baze de date și sisteme de stocare, până la platforme de inteligență artificială și machine learning. Această varietate de instrumente permite orașelor să aleagă soluțiile cele mai potrivite pentru nevoile lor specifice, fără a fi constrânse de limitările unui anumit furnizor sau tehnologie.

Cost-eficiența este un factor important în adoptarea cloud computing-ului de către orașe. Prin utilizarea resurselor cloud, orașele pot reduce costurile de infrastructură și de întreținere a hardware-ului local. Modelul de plată "pay-as-you-go" permite orașelor să plătească doar pentru resursele utilizate, evitând investițiile inițiale mari și costurile recurente de întreținere a infrastructurii.

Accesibilitatea este un alt beneficiu semnificativ al cloud computing-ului. Datele și aplicațiile sunt accesibile de oriunde, de pe orice dispozitiv conectat la internet, facilitând colaborarea între diferite departamente și instituții. Această accesibilitate permite, de asemenea, o mai mare flexibilitate în ceea ce privește gestionarea datelor și a aplicațiilor, permițând orașelor să se concentreze pe activitățile lor principale, în loc să se preocupe de gestionarea infrastructurii hardware.

Securitatea este o preocupare majoră în contextul Big Data, iar furnizorii de servicii cloud investesc masiv în securitatea datelor, oferind protecție împotriva amenințărilor cibernetice. Prin implementarea unor măsuri de securitate riguroase, cum ar fi criptarea datelor, controlul accesului și monitorizarea constantă a sistemelor, furnizorii de cloud computing asigură un nivel ridicat de protecție a datelor stocate în cloud.

În concluzie, cloud computing-ul reprezintă un element esențial în dezvoltarea Smart City-urilor, oferind infrastructura necesară pentru a gestiona și analiza volumele masive de date generate în mediul urban. Scalabilitatea, flexibilitatea, cost-eficiența, accesibilitatea și securitatea oferite de cloud computing permit orașelor să valorifice potențialul Big Data pentru a îmbunătăți serviciile publice, a optimiza alocarea resurselor și a crea un mediu urban mai inteligent și mai durabil.

2.3.3.1. Modele de servicii cloud computing

Există trei modele majore de servicii: infrastructură ca serviciu (IaaS), platformă ca serviciu (PaaS) și software ca serviciu (SaaS) [1] (figura 2.26). IaaS oferă consumatorului privilegiul de a administra mașini virtuale împreună cu diferite funcționalități de rețea pentru a interconecta mașinile virtuale la servicii interne și externe. Furnizorul de servicii cloud va gestiona hardware-ul și rețeaua serverului fizic. Consumatorii vor gestiona orice altceva la mașina virtuală, sistemul de operare și aplicațiile. Consumatorii nu trebuie să se îngrijoreze de problemele hardware datorită caracteristicii de înaltă disponibilitate oferită de virtualizare [1]. Prin urmare, în acest model de furnizare a serviciilor, organizațiilor li se oferă suportul necesar pentru infrastructura de care vor avea nevoie pentru a proiecta și implementa aplicațiile lor, iar tot ceea ce ține de implementarea și întreținerea aplicațiilor sunt responsabilitatea clientului. Acest tip de model de furnizare a serviciilor este util pentru organizațiile care au nevoie de expertiză în proiectarea, implementarea și întreținerea aplicațiilor, dar care nu doresc să investească în proiectarea complexă a infrastructurii,

inclusiv întreținerea serverelor locale, a stocării și a echipamentelor de rețea.

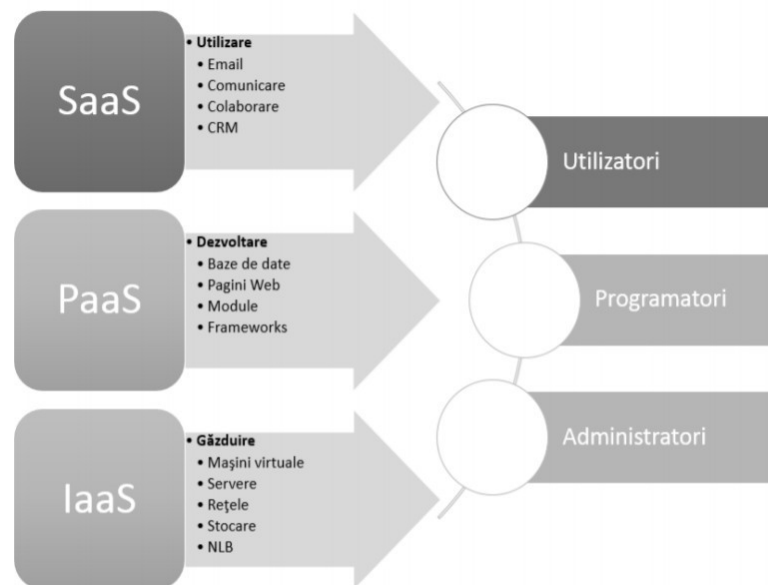


Figura 2.26. Imagine de ansamblu a modelelor de servicii cloud

PaaS oferă consumatorilor o platformă de dezvoltare pentru nevoile lor. Consumatorul nu va mai avea acces la sistemul de operare, ci la un set de biblioteci de utilizat specifice platformei. Sistemul de operare este ascuns consumatorilor. Consumatorii trebuie să dezvolte aplicații pentru a rula pe PaaS urmând instrucțiunile furnizorului de servicii. PaaS va oferi scalare și disponibilitate ridicată fără intervenția consumatorilor. PaaS este mai puțin flexibil decât IaaS și se bazează pe IaaS [1].

SaaS este construit deasupra PaaS și IaaS. Furnizorul de servicii software este responsabil pentru orice, cu excepția programului client. Consumatorii pot accesa software-ul prin Internet cu un model de abonament. SaaS este în mod normal offsite și are mai mulți utilizatori. Datele mai multor consumatori sunt procesate, stocate și gestionate de SaaS.

După cum am subliniat anterior, fiecare model de furnizare a serviciilor are propriile avantaje și limitări, necesită ca utilizatorul să decidă ce model de livrare a serviciilor răspunde mai bine nevoilor lor și se potrivește cerințelor de business. Este necesară o cercetare de piață extinsă înainte de a achiziționa servicii de Cloud Computing. Uneori,

furnizorii pot oferi, de asemenea, informații în acest sens. Cu toate acestea, este responsabilitatea organizațiilor care au o înțelegere completă a scalabilității și flexibilității oferite de fiecare model de furnizare a serviciilor, astfel încât investițiile în Cloud Computing să fie eficiente.

2.4. Smart City în Romania

În Romania s-a înființat în 2016 Asociația Română pentru Smart City și Mobilitate (ARSCM). ARSCM este o organizație care reunește experți și profesioniști din toate domeniile relevante pentru Industria Smart City, alături de peste 300 de parteneri și membri. Acești membri provin dintr-o varietate de instituții și organizații, inclusiv ministere, primării, consilii județene, companii, universități și centre de cercetare și inovare (www.arsc.ro).

Asociația are drept scop să dezvolte comunități creativ-inteligente în România și să promoveze conceptele Smart City în rândul decidenților. Elaborarea legislației pentru a îmbunătăți dezvoltarea centrelor urbane și promovarea intereselor comunităților locale în raport cu organismele centrale este un alt obiectiv al asociației. De asemenea, asociația urmărește să creeze canalele necesare pentru prezentarea produselor și serviciilor Industriei Smart City și să faciliteze accesul la tehnologie și expertiză pentru comunitățile mai puțin dezvoltate.

Asociația urmărește ca toate orașele și comunele din România să devină comunități inteligente, unde tehnologia și inovația sunt folosite pentru a îmbunătăți calitatea vieții, eficiența serviciilor publice și protecția resurselor. De asemenea, ARSC promovează dezvoltarea orașelor inteligente în România prin colaborarea cu primăriile, autoritățile publice și partenerii din industrie pentru a implementa soluții inovatoare care îmbunătățesc calitatea vieții.

În luna mai 2024, ARSC a împlinit 8 ani de inovație, progres și proiecte dedicate comunităților noastre. Din 2016 s-a creat Industria Smart City în Romania. Această industrie cuprinde peste 350 de companii și instituții publice, membri și parteneri ARSC.

Ecosistemul specific reunește experți și profesioniști din fiecare domeniu relevant al industriei, dar și peste 300 de parteneri și membri – Ministere, Primării, Consilii Județene, Companii, Universități, Centre de Cercetare și Inovare, etc.

În acord cu misiunea și viziunea ARSC, obiectivele principale ale asociației sunt definite astfel:

- *Promovarea dezvoltării orașelor inteligente în România:* Acesta este obiectivul principal al ARSC și implică o serie de activități, cum ar fi organizarea de evenimente, dezvoltarea de parteneriate cu companii de tehnologice, lucrul apropiat cu guvernul pentru a promova politici care susțin dezvoltarea orașelor inteligente și cursuri de formare profesională.
- *Asistarea primăriilor și autorităților publice în implementarea soluțiilor Smart City:* ARSC oferă consultanță, resurse și asistență tehnică pentru a ajuta primăriile și autoritățile publice să implementeze diferite inițiative și proiecte Smart City.
- *Atragerea de finanțare pentru proiectele Smart City:* Identificăm oportunitățile de finanțare și asistăm primăriile și autoritățile publice în procesul de aplicare.
- *Creșterea numărului de membri ai ARSC:* Oferim beneficii valoroase pentru membri și promovarea activă a acestora în ecosistemul Smart City România.
- *Îmbunătățirea vizibilității și a reputației ARSC:* Din 2016, ARSC s-a impus ca principală organizație a Industriei Smart City în România. Acest obiectiv implică o comunicare constantă cu toți actorii relevanți în domeniu.
- *Promovarea inovației și a tehnologiei în orașele din România:* Acest obiectiv implică lucrul și colaborarea cu parteneri de tehnologie, universități și alte organizații pentru a promova adoptarea de noi tehnologii și soluții inovatoare în orașele din România.
- *Crearea unei platforme de colaborare și schimb de cunoștințe:* Evenimentele și networkingul ARSC sunt deja bine cunoscute partenerilor noștri. Membrii ARSC se pot conecta cu decidenți relevanți, pot împărtăși idei, proiecte și cele mai bune soluții și tehnologii.
- *Creșterea diversității și incluziunii în Smart City:* Ne asigurăm că toate persoanele și grupurile sunt reprezentate și au acces la beneficiile pe care Smart City le oferă.
- *Dezvoltarea de programe de formare și educație:* ARSC a dezvoltat proiectul Academia Smart City în 2016. Avem cursuri recunoscute de Ministerul Muncii și Ministerul Educației. Organizăm și ateliere, seminarii sau cursuri adaptate specificului beneficiarilor noștri.

- *Politici publice și legislație:* Lucrăm direct cu guvernul și parlamentul, cu diferite agenții și direcții dar și cu autoritățile locale pentru a ne asigura că politicile și reglementările care afectează dezvoltarea orașelor inteligente sunt coerente și focusate pe dezvoltarea locală și regională punând tot timpul în centrul acestor inițiative interesul cetățeanului.
- *Promovarea standardelor și a celor mai bune practici:* Crearea și promovarea de standarde și ghiduri pentru implementarea de soluții Smart City.
- *Creșterea conștientizării publicului:* Organizarea de campanii de informare publică pentru a crește conștientizarea și înțelegerea conceptului de oraș inteligent.
- *Măsurarea impactului proiectelor Smart City:* Colectarea și analizarea de date pentru a demonstra modul pozitiv în care tehnologiile tip Smart City pot îmbunătăți calitatea vieții, eficiența serviciilor publice și sustenabilitatea proiectelor.
- *Promovarea durabilității și a responsabilității ecologice:* Ne asigurăm că dezvoltarea orașelor inteligente se face într-un mod care respectă mediul și promovează dezvoltarea durabilă.
- *Tehnologii emergente:* De la AI, AR la Big Data, urmărim tendințele tehnologice emergente și explorarea modurilor în care acestea pot fi aplicate în contextul orașelor inteligente.
- *Stabilirea de parteneriate internaționale:* Lucrul cu organizații similare din alte țări pentru a învăța din experiențele lor și a colabora în proiecte internaționale.

Bibliografie

- [1] Marinescu, D. C. , *Cloud Computing: Theory and Practice*. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1st ed., 2013. ISBN 0124046274.
- [2] Tămaș,V., Cercetări privind dezvoltarea infrastructurii specifice platformelor Smart City, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj Napoca, 2021.
- [3] Allam, Z. S, I Newman, P., "Redefining the smart city: Culture, metabolism and governance," *Smart Cities*, vol. 1, pg. 4–25, 07 2018. ISSN 2624-6511. doi: 10.3390/smartcities1010002.

- [4] Turing, A. M. , "I.—computing machinery and intelligence,' *Mind*, vol. LIX, pg. 433–460, 10 1950. ISSN 0026-4423. doi: 10.1093/mind/LIX.236.433.
- [5] Russell, S. S, I Norvig, P. , *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. USA: Prentice Hall Press, 3rd ed., 2009. ISBN 0136042597.
- [6] MIT, "Lecture 1: Introduction and Scope.' Disponibil: <https://ocw.mit.edu/courses/electrical-engineering-and-computer-science/6-034-artificial-intelligence-fall-2010/lecture-videos/lecture-1-introduction-and-scope/>. [accesat 28 dec 2020].
- [7] BUILT IN, "DataRobot AI Experience - Keynote from CEO Jeremy Achin.' Disponibil: <https://builtin.com/artificial-intelligence>. [accesat 3 feb 2021].
- [8] Krizhevsky, A. , Sutskever, I. , S, I Hinton, G. E. , "Imagenet classification with deep convolutional neural networks,' vol. 60, pg. 84–90, New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, Mai 2017. doi: 10.1145/3065386.
- [9] Simonyan, K. S, I Zisserman, A. , "Very deep convolutional networks for large-scale image recognition,' in *3rd International Conference on Learning Representations, ICLR 2015* (BENGIO, Y. s, i LECUN, Y. , eds.), 2015.
- [10] He, K. , Zhang, X. , Ren, S. , S, I Sun, J. , "Deep residual learning for image recognition,' in *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pg. 770–778, 2016. ISBN 9781467388528. doi: 10.1109/CVPR.2016.90.
- [11] Lin, T.-Y. , Maire, M. , Belongie, S. , Hays, J. , Perona, P. , Ramanan, D. , Dollár, P. , S, I Zitnick, C. L. , "Microsoft coco: Common objects in context,' in *Computer Vision - ECCV 2014* (FLEET, D. , PAJDLA, T. , SCHIELE, B. Şi TUYTELAARS, T. , eds.), (Cham), pg. 740–755, Springer International Publishing, 2014. ISBN 978-3-319- 10602-1. doi: 10.1007/978-3-319-10602-1_48.
- [12] Everingham, M. , Van Gool, L. , Williams, C. K. I. , Winn, J. S, I Zisserman, A. , "The pascal visual object classes (voc) challenge,' *International Journal of Computer Vision*, vol. 88, pg. 303–338, Iunie 2010. ISSN 0920-5691. doi: 10.1007/s11263-009-0275-4.
- [13] Girshick, R. , Donahue, J. , Darrell, T. , S, I Malik, J. , "Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation,' in *2014 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pg. 580–587, 2014. ISBN 978-1-4799-5118-5. doi: 10.1109/CVPR.2014.81.
- [14] Uijlings, J. , Sande, K. , Gevers, T. , S, I Smeulders, A. , "Selective search for object recognition,' *International Journal of Computer Vision*, vol. 104, pg. 154–171, 09 2013. ISSN 0920-5691. doi: 10.1007/s11263-013-0620-5.

- [15] Girshick, R. , “Fast r-cnn,’ in *2015 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, pg. 1440–1448, 2015. ISBN 978-1-4673-8391-2. doi: 10.1109/ICCV.2015.169.
- [16] Ren, S. , He, K. , Girshick, R. , S,I Sun, J. , “Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks,’ *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 39, nr. 6, pg. 1137–1149, 2017. ISSN 0162-8828. doi: 10.1109/TPAMI.2016.2577031.
- [17] Felzenszwalb, P. F. , Girshick, R. B. , Mcallester, D. , S,I Amanan, D. , “Object detection with discriminatively trained part- based models,’ *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 32, nr. 9, pg. 1627–1645, 2010. ISSN 0162-8828. doi: 10.1109/TPAMI.2009.167.
- [18] Kass, M. , Witkin, A. , S,I Terzopoulos, D. , “Snakes: Active contour models,’ *International Journal of Computer Vision*, vol. 1, pg. 321–331, 1988. ISSN 0920-5691. doi: 10.1007/BF00133570.
- [19] Boykov, Y. , Veksler, O. , S,I Zabih, R. , “Fast approximate energy minimization via graph cuts,’ *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 23, pg. 1222–1239, Noi. 2001. ISSN 0162-8828. doi: 10.1109/34.969114.
- [20] Ronneberger, O. , Fischer, P. , S,I Brox, T. , “U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation,’ in *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2015*, (Cham), pg. 234–241, Springer International Publishing, 2015. ISBN 978-3-319-24574-4.
- [21] Zhou, Z. , Rahman Siddiquee, M. M. , Tajbakhsh, N. , S,I Liang, J. , “UNet++: A Nested U-Net Architecture for Medical Image Segmentation,’ in *Deep Learning in Medical Image Analysis and Multimodal Learning for Clinical Decision Support*, (Cham), pg. 3– 11, Springer International Publishing, 2018. ISBN 978-3-030-00889-5.
- [22] Çiçek, Ö. , Abdulkadir, A. , Lienkamp, S. S. , Brox, T. Şi Ronneberger, O. , “3d u-net: Learning dense volumetric segmentation from sparse annotation,’ in *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2016*, (Cham), pg. 424–432, Springer International Publishing, 2016. ISBN 978-3-319-46723-8.
- [23] Liang Chieh, C. , Papandreou, G. , Kokkinos, I. , Murphy, K. , S,I Yuille, A. , “Semantic image segmentation with deep convolutional nets and fully connected crfs,’ 2016.
- [24] Liang Chieh, C. , Papandreou, G. , Kokkinos, I. , Murphy, K. , Şi Yuille, A. L. , “Deeplab: Semantic image segmentation with deep

convolutional nets, atrous convolution, and fully connected crfs,' *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 40, nr. 4, pg. 834–848, 2018. ISSN 0162-8828. doi: 10.1109/TPAMI.2017.2699184.

[25] Chen, L. , Papandreou, G. , Schroff, F. , S,I Adam, H. , "Rethinking atrous convolution for semantic image segmentation,' *CoRR*, vol. abs/1706.05587, 2017.

[26] Iang Chieh, C. , Zhu, Y. , Papandreou, G. , Schroff, F. , Şi Adam, H. , "Encoder-decoder with atrous separable convolution for semantic image segmentation,' in *Computer Vision – ECCV 2018*, (Cham), pg. 833–851, Springer International Publishing, 2018. ISBN 978-3-030-01234-2.

[27] Zhu, L. , Yu, F. R. , Wang, Y. , Ning, B. , S,I Tang, T. , "Big data analytics in intelligent transportation systems: A survey,' *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 20, nr. 1, pg. 383–398, 2019. ISSN 1524-9050. doi: 10.1109/TITS.2018.2815678.

[28] Zhao, Z. , Chen, W. , Wu, X. , Chen, P. C. Y. , S,I Liu, J. , "LSTM network: a deep learning approach for short-term traffic forecast,' *IET Intelligent Transport Systems*, vol. 11, nr. 2, pg. 68–75, 2017. ISSN 1751-956X. doi: 10.1049/iet-its.2016.0208.

[29] Zhang, J. , Zheng, Y. , S, I Qi, D. , "Deep spatio-temporal residual networks for citywide crowd flows prediction,' in *Proceedings of the Thirty-First AAAI Conference on Artificial Intelligence*, AAAI7, pg. 1655–1661, AAAI Press, 2017.

[30] Veres, M. S, I Moussa, M. , "Deep learning for intelligent transportation systems: A survey of emerging trends,' *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. PP, pg. 1–17, 07 2019. ISSN 1524-9050. doi: 10.1109/TITS.2019.2929020.

[31] Ferdowsi, A. , Challita, U. , S,I Saad, W. , "Deep Learning for Reliable Mobile Edge Analytics in Intelligent Transportation Systems: An Overview,' *IEEE Vehicular Technology Magazine*, vol. 14, pg. 62– 70, Mar. 2019. ISSN 1556-6072. doi: 10.1109/MVT.2018.2883777.

[32] Huang, Z. , Shan, G. , Cheng, J. , S,I Sun, J. , "TRec: An Efficient Recommendation System for Hunting Passengers with Deep Neural Networks,' *Neural Comput. Appl.*, vol. 31, pg. 209–222, Jan. 2019. ISSN 0941-0643. doi: 10.1007/s00521-018-3728-2.

[33] Liu, C. H. , Ma, X. , Gao, X. , S, I Tang, J. , "Distributed energy- efficient multi-uav navigation for long-term communication coverage by deep reinforcement learning,' *IEEE Transactions on Mobile Computing*, vol. 19, nr. 6, pg. 1274–1285, 2020. ISSN 1536-1233. doi: 10.1109/TMC.2019.2908171.

- [34] Lacinák, M. S, I Ristvej, J. , “Smart city, safety and security,’ *Procedia Engineering*, vol. 192, pg. 522 – 527, 2017. ISSN 1877-7058. doi: 10.1016/j.proeng.2017.06.090. 12th international scientific conference of young scientists on sustainable, modern and safe transport.
- [35] Diro, A. A. S, I Chilamkurti, N. , “Distributed attack detection scheme using deep learning approach for internet of things,’ *Future Generation Computer Systems*, vol. 82, pg. 761 – 768, 2018. ISSN 0167-739X. doi: <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.08.043>.
- [36] Alrashdi, I. , Alqazzaz, A. , Aloufi, E. , Alharthi, R. , Zohdy, M. , S, I Ming, H. , “AD-IoT: Anomaly Detection of IoT Cyberattacks in Smart City Using Machine Learning,’ in *2019 IEEE 9th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC)*, pg. 305–310, 2019. ISBN 978-1-7281-0555-0. doi: 10.1109/CCWC.2019.8666450.
- [37] Aloqaily, M. , Otoum, S. , Ridhawi, I. A. , S, I Jararweh, Y. , “An intrusion detection system for connected vehicles in smart cities,’ *Ad Hoc Networks*, vol. 90, pg. 101842, 2019. ISSN 1570-8705. doi: 10.1016/j.adhoc.2019.02.001.
- [38] Bianchini, G. , Casini, M. , Vicino, A. , S, I Zarrilli, D. , “Demand-response in building heating systems: A model predictive control approach,’ *Applied Energy*, vol. 168, pg. 159 – 170, 2016. ISSN 0306-2619. doi: 10.1016/j.apenergy.2016.01.088.
- [39] O’dwyer, E. , Tommasi], L. D. , Kouramas, K. , Cychowski, M., S, I Lightbody, G. , “Modelling and disturbance estimation for model predictive control in building heating systems,’ *Energy and Buildings*, vol. 130, pg. 532 – 545, 2016. ISSN 0378-7788. doi: 10.1016/j.enbuild.2016.08.077.
- [40] Lund, H. , Werner, S. , Wiltshire, R. , Svendsen, S. , Thorsen, J. E. , Hvelplund, F. , S, I Mathiesen, B. V. , “4th generation district heating (4gdh): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems,’ *Energy*, vol. 68, pg. 1–11, 2014. ISSN 0360-5442. doi: 10.1016/j.energy.2014.02.089.
- [41] Morvaj, B. , Evins, R. , S, I Carmeliet, J. , “Decarbonizing the electricity grid: The impact on urban energy systems, distribution grids and district heating potential,’ *Applied Energy*, vol. 191, pg. 125– 40, 2017. ISSN 0306-2619. doi: 10.1016/j.apenergy.2017.01.058.
- [42] Hu, Z.-Z. , Tian, P.-L. , Li, S.-W. , S, I Zhang, J.-P. , “BIM-based integrated delivery technologies for intelligent MEP management in the operation and maintenance phase,’ *Advances in Engineering Software*, vol. 115, pg. 1–16, 2018. ISSN 0965-9978. doi: 10.1016/j.advengsoft.2017.08.007.

- [43] Mavromatidis, G. , Acha, S. , S, I Shah, N. , “Diagnostic tools of energy performance for supermarkets using artificial neural network algorithms,’ *Energy and Buildings*, vol. 62, pg. 304–314, 2013. ISSN 0378-7788. doi: 10.1016/j.enbuild.2013.03.020.
- [44] Shaikh, P. H. , Nor, N. B. M. , Nallagownden, P. , Elamvazuthi, I. , S, I Ibrahim, T. , “A review on optimized control systems for building energy and comfort management of smart sustainable buildings,’ *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 34, pg. 409–429, 2014. ISSN 1364-0321. doi: 10.1016/j.rser.2014.03.027.
- [45] Owyer, E. , Tommasi, L. D. , Kouramas, K. , Cychowski, M. , S, I Lightbody, G. , “Prioritised objectives for model predictive control of building heating systems,’ *Control Engineering Practice*, vol. 63, pg. 57– 68, 2017. ISSN 0967-0661. doi: 10.1016/j.conengprac.2017.03.018.
- [46] Oldewurtel, F. , Jones, C. N. , Parisio, A. , S, I Morari, M. , “Stochastic model predictive control for building climate control,’ *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, vol. 22, nr. 3, pg. 1198–1205, 2014. ISSN 1063-6536. doi: 10.1109/TCST.2013.2272178.
- [47] Reynolds, J. , Ahmad, M. W. , S, I Rezgui, Y. , “Holistic modelling techniques for the operational optimisation of multi-vector energy systems,’ *Energy and Buildings*, vol. 169, pg. 397–416, 2018. ISSN 0378-7788. doi: 10.1016/j.enbuild.2018.03.065.
- [48] Chae, Y. T. , Horesh, R. , Hwang, Y. , S, I Lee, Y. M. , “Artificial neural network model for forecasting sub-hourly electricity usage in commercial buildings,’ *Energy and Buildings*, vol. 111, pg. 184–194, 2016. ISSN 0378-7788. doi: 10.1016/j.enbuild.2015.11.045.
- [49] Ryu, S. , Noh, J. , S, I Kim, H. , “Deep neural network based demand side short term load forecasting,’ in *2016 IEEE International Conference on Smart Grid Communications (SmartGridComm)*, pg. 308–313, 2016. ISBN 978-1-5090-4076-6. doi: 10.1109/SmartGridComm.2016.7778779.
- [50] Mujeeb, S. , Javaid, N. , Ilahi, M. , Wadud, Z. , Ishmanov, F. , S, I Afzal, M. K. , “Deep long short-term memory: A new price and load forecasting scheme for big data in smart cities,’ *Sustainability*, vol. 11, nr. 4, 2019. ISSN 2071-1050. doi: 10.3390/su11040987.
- [51] Shihavuddin, A. , Chen, X. , Fedorov, V. , Christensen, A. , Riis, N. , Branner, K. , Dahl, A. , S, I Paulsen, R. , “Wind turbine surface damage detection by deep learning aided drone inspection analysis,’ *Energies*, vol. 12, 02 2019. doi: 10.3390/en12040676.
- [52] Nguyen, V. N. , Jenssen, R. , S, I Roverso, D. , “Intelligent monitoring and inspection of power line components powered by uavs and deep learning,’ *IEEE Power and Energy Technology Systems Journal*,

vol. 6, nr. 1, pg. 11–21, 2019. ISSN 2332-7707. doi: 10.1109/JPETS.2018.2881429.

[53] NATIONAL HIGHWAY TRAFFIC SAFETY ADMINISTRATOR OF United States, “Distracted Driving.’ Disponibil: <https://www.nhtsa.gov/risky-driving/distracted-driving>, 2018. [accesat 17 mar. 2020].

[54] Center For Disease Control And Prevention, “Distracted Driving.’ Disponibil: <https://www.cdc.gov/motorvehiclesafety/distracted-driving/>, 2018. [accesat 17 mar. 2020].

[55] INSTITUTUL NATIONAL DE STATISTICA, “Vehicule Inmatriculate si accidente de circulatie rutiera.’ Disponibil: http://www.insse.ro/cms/sites/default/files/field/publicatii/vehicule_inmatriculate_in_circulatie_si_accidente_circulatie_rutiera_2017.pdf, 2017. [accesat 17 mar. 2020].

[56] Zhang, X., Zheng, N., Wang, F., S, I He, Y., “Visual recognition of driver hand-held cell phone use based on hidden crf,’ in *Proceedings of 2011 IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety*, pg. 248–251, July 2011. ISSN 978-1-4577-0576-2. doi: 10.1109/ICVES.2011.5983823.

[57] Das, N., Ohn-Bar, E., S, I Trivedi, M., “On performance evaluation of driver hand detection algorithms: Challenges, dataset, and metrics,’ in *2015 IEEE 18th International Conference on Intelligent Transportation Systems*, pg. 2953–2958, Sept 2015. ISSN 2153-0017. doi: 10.1109/ITSC.2015.473.

[58] Seshadri, K., Juefei-Xu, F., Pal, D. K., Savvides, M., S, I Thor, C. P., “Driver cell phone usage detection on strategic highway research program (shrp2) face view videos,’ in *2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW)*, pg. 35–43, June 2015. ISSN 2160-7516. doi: 10.1109/CVPRW.2015.7301397.

[59] Le, T. H. N., Zheng, Y., Zhu, C., Luu, K., S, I Savvides, M., “Multiple scale faster-rcnn approach to driver’s cell-phone usage and hands on steering wheel detection,’ in *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW)*, pg. 46–53, June 2016. ISSN 2160-7516. doi: 10.1109/CVPRW.2016.13.

[60] Martin, S., Ohn-Bar, E., Tawari, A., S, I Trivedi, M. M., “Understanding head and hand activities and coordination in naturalistic driving videos,’ in *2014 IEEE Intelligent Vehicles Symposium Proceedings*, pg. 884–889, June 2014. ISSN 1931-0587. doi: 10.1109/IVS.2014.6856610.

[61] Ohn-Bar, E., Martin, S., S, I Trivedi, M., “Driver hand activity analysis in naturalistic driving studies: challenges, algorithms, and experimental studies,’ *Journal of Electronic Imaging*, vol. 22, nr. 4, pg. 1–11, 2013. ISSN 1017-9909. doi: 10.1117/1.JEI.22.4.041119.

[62] Ohn-Bar, E. S, I Trivedi, M., “In-vehicle hand activity recognition

- using integration of regions,' in *2013 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV)*, pg. 1034–1039, June 2013. ISSN 1931-0587. doi: 10.1109/IVS.2013.6629602.
- [63] Zhao, C. H. , Zhang, B. L. , He, J. , S,I Lian, J. , "Recognition of driving postures by contourlet transform and random forests,' *IET Intelligent Transport Systems*, vol. 6, pg. 161–168, June 2012. ISSN 1751-956X. doi: 10.1049/iet-its.2011.0116.
- [64] Zhao, C. H. , Zhang, B. L. , Zhang, X. Z. , Zhao, S. Q. , S,I Li, H. X. , "Recognition of driving postures by combined features and random subspace ensemble of multilayer perceptron classifiers,' *Neural Computing and Applications*, vol. 22, pg. 175–184, May 2013. ISSN 1433-3058. doi: 10.1007/s00521-012-1057-4.
- [65] Yan, C. , Zhang, B. , S, I Coenen, F. , "Driving posture recognition by convolutional neural networks,' in *2015 11th International Conference on Natural Computation (ICNC)*, pg. 680–685, Aug 2015. ISSN 2157- 9563. doi: 10.1109/ICNC.2015.7378072.
- [66] STATE FARM, "State Farm Distracted Driver Detection.' Disponibil: <https://www.kaggle.com/c/state-farm-distracted-driver-detection>, 2016.
- [67] Hssayeni, M. , Saxena, S. , Ptucha, R. , S,I Savakis, A. , "Distracted driver detection: Deep learning vs handcrafted features,' vol. 2017, pg. 20–26, 01 2017. ISSN 2470-1173. doi: 10.2352/ISSN.2 470-1173.2017.10.IMAWM-162.
- [68] Abouelnaga, Y. , Eraqi, H. , S,I Moustafa, M. , "Real-time distracted driver posture classification,' 06 2017. 32nd Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS 2018), Workshop on Machine Learning for Intelligent Transportation Systems.
- [69] Tamas, V. Şi Maties, V. , "Real-time distracted drivers detection using deep learning,' *American Journal of Artificial Intelligence*, vol. 3, pg. 1–8, 05 2019. ISSN 2639-9717.

3. Bazele ingineriei mecatronice

Vistrian Mătieș, Simona Noveanu, Dănuț Pop

3.1. Tehnologia mecatronică

Așa cum am subliniat în capitolul 1, mecatronica s-a născut în Japonia, ca tehnologie modernă, pentru a salva resursele materiale și energetice prin realizarea de produse și sisteme inteligente. Apariția mecatronicii este rezultatul firesc al evoluției în dezvoltarea tehnologică, așa cum se prezintă în figura 3.1 [11], [17].

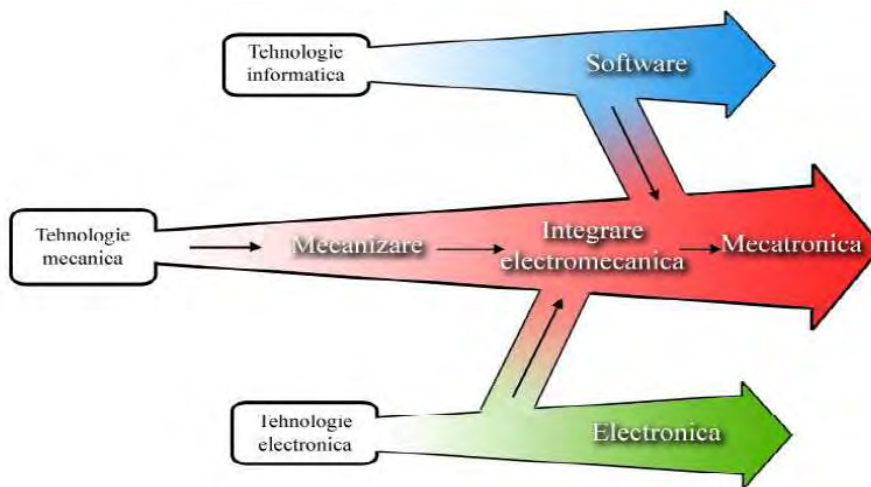


Fig. 3.1. Fluxul tehnologic către integrarea mecatronică

Coloana vertebrală a mecatronicii este tehnologia mecanică care, s-a dezvoltat către mecanizare. Progresele în domeniul tehnologiei electronice, apariția circuitelor integrate, mici ca dimensiuni, ieftine și fiabile, au permis integrarea electronicii în structurile mecanice. Se realizează astfel primul pas către integrare: integrarea electromecanică.

Următorul pas în integrare a fost determinat de apariția microprocesoarelor. Cu aceleași caracteristici constructive, ca și circuitele integrate, microprocesoarele au putut fi integrate în structurile electromecanice realizate anterior. Astfel, acestea pot preleva informații privind starea internă, starea mediului, pot prelucra aceste informații și pot lua decizii privind comportarea sistemului.

Conceptul de mecatronica este sugestiv ilustrat în figura 3.2. Această imagine sugerează că, în activitatea de concepție, abordarea tradițională în baza căreia ingineria mecanică studiază probleme specifice mișcării maselor; ingineria electrică-electronică, studiază probleme specifice mișcării electronilor, iar automatistii, informaticienii, probleme specifice mișcării purtătorilor de informație, nu mai este posibilă. În structura unui produs mecatronic, practic, nu se pot separa cele trei mișcări.

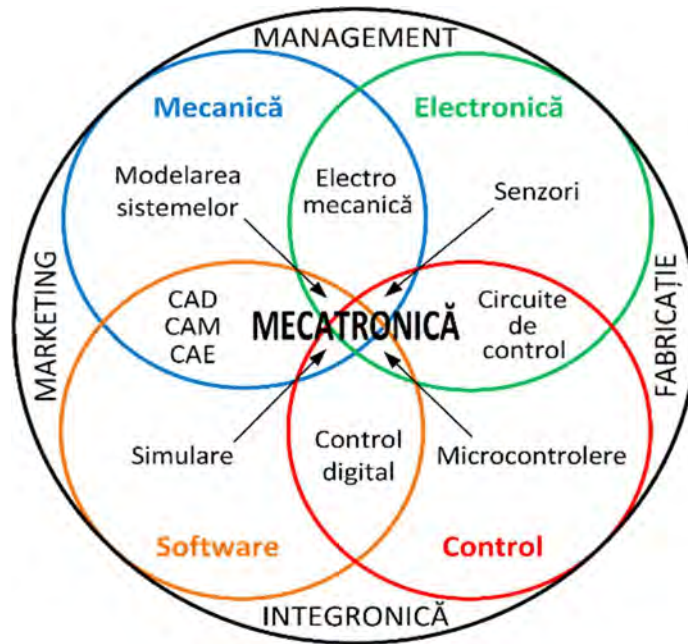


Fig. 3.2. Conceptul de mecatronică

Integrarea celor trei mari domenii în inginerie se realizează în baza filosofiei integronice. Integronica este: "Știința proceselor de integrare și a sistemelor hiperintegrate" [21]. Un sistem hiperintegrat este caracterizat prin aceea că, în structura lui toate componentele sunt legate între ele și toate depind unele de altele. Organismul uman este un exemplu reprezentativ de sistem hiperintegrat. Conceptul este ilustrat în figura 3.3. Unitatea: știință, tehnologie, literatură și artă, se realizează în cadrul definit de matematică, cibernetică și filosofie [21].

La baza integronicii se află nu numai unitatea lumii înconjurătoare ci și unitatea gnoseologică, a cunoașterii de către subiect a acestei lumi. Pentru că nu se poate vorbi de o cunoaștere fizică, chimică și nici chiar

despre o cunoaștere științifică sau artistică, cunoașterea umană fiind unitară.

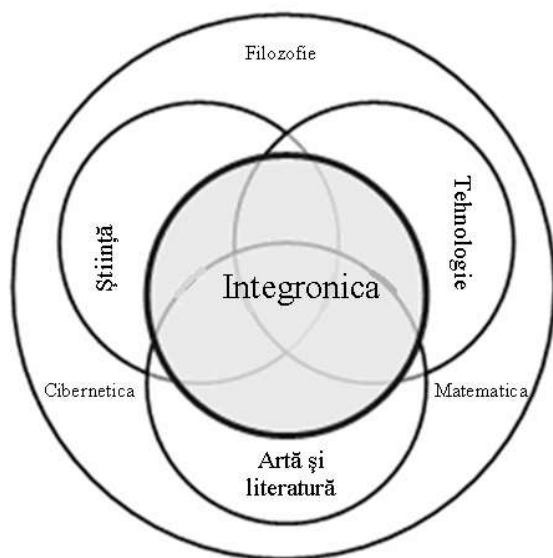


Fig. 3.3. Conceptul de integronică

În opinia japonezilor, mecatronica este tehnologia mecanică cerută de societatea informațională [11]. Mecatronica se diferențiază net de tehnologia tradițională. În tehnologia tradițională, elementele de bază sunt materialul și energia. În mecatronică, acestor două elemente li se adaugă informația care, este componenta dătătoare de ton. Această poziție a informației în raport cu materialul și energia este motivată de următoarele:

- informația asigură satisfacerea nevoilor spirituale ale omului;
- numai informația asigură creșterea valorii nou adăugate a tuturor lucrurilor;
- informația înseamnă cultură.

Activarea informației se realizează prin software. Platformele software reprezintă motorul invizibil care susține inovarea și transformă industria. Platforma Matlab-Simulink este un exemplu reprezentativ în acest sens. Mai mult, modernizarea produselor mecatronice se poate realiza prin schimbarea software-ului. De aceea, două produse care fizic arată la fel, pot realiza funcții cu totul diferite datorită software-ului instalat.

Pe baza figurii 3.4., se pot analiza comparativ cele trei componente ale tehnologiei mecatronice [11]. Comparația are în vedere:

originea resurselor, rezervele, cererea și ce înseamnă viața din punctul de vedere al celor trei elemente.

Analiza motivează interesul manifestat în întreaga lume pentru promovarea acestei tehnologii. Este evident că, realizând produse care înglobează multă informație (intelligență), performanțele funcționale ale acestora cresc. Pe de altă parte, în acest mod se conservă resursele de material și energie. Dar, consumând mai puțin material și energie se procesează mai puțin, deci se poluează mai puțin. Rezultă astfel, alte valențe ale tehnologiei mecatronice: este o tehnologie nedisipativă și mai puțin poluantă. Promovarea legăturilor informaționale în structura sistemelor tehnice le asigură flexibilitate și reconfigurabilitate [14],[19], [22].

Analizând comparativ cele trei elemente ale tehnologiei mecatronice următoarele detalieri sunt relevante, privind rolul determinant al informației comparativ cu materialul și energia. Valoarea informației nu depinde atât de cantitate cât de prospețime, întrucât mintea umană cere mereu noi stimuli.

Pe de altă parte, valoarea materialului și energiei depinde de integrare, iar cea a informației depinde de diferențiere.

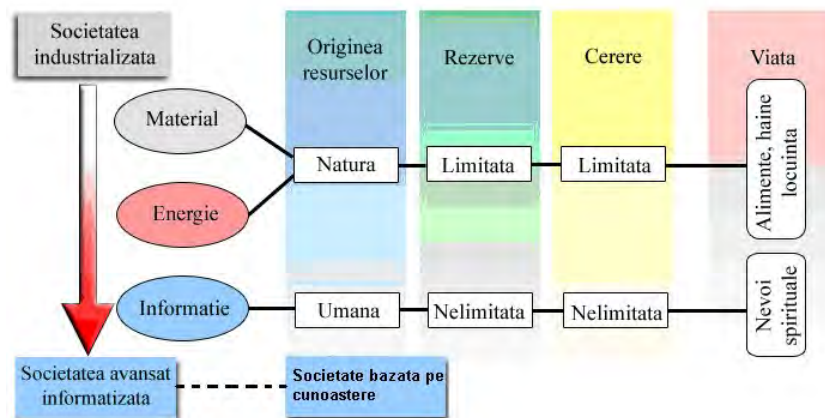


Fig.3.4. Relația material-energie-informație în tehnologia mecatronică

Tehnologia mecatronică a lansat provocarea privind informația senzitivă. Valoarea comercială a autocarelor de exemplu nu depinde numai de performanțele tehnice ale acestora. Stilul, culoarea, designul în general, exercită influență asupra pasagerilor.

Orice mașină transmite informații ce stimulează cele cinci simțuri ale ființei umane. Întrucât, în structura sistemelor tehnice, legăturile informaționale necesită cantități mici de material și energie, crește flexibilitatea în funcționare precum și randamentul acestora. În acest context, evaluarea cantitativă și calitativă a informației constituie o problemă esențială în educație, cercetare și în tehnologie.

3.2. Evaluarea cantitativă și calitativă a informației

Căutând expresia matematică a informației, atât R. V. Hartley, cât și C. Shannon au ajuns la formule identice cu cele pe care L. Boltzmann le-a stabilit pentru entropie, dar cu semn schimbat [4], [22].

Acesta a arătat că, în calitatea ei de mărime a dezordinii, entropia are formula:

$$S = K \log W, \quad (3.1)$$

unde: W reprezintă stările microscopice distincte ale sistemului respectiv.

Hartley a arătat că informația I , pe care o poate aduce un semnal, este și ea:

$$I = \log N \quad (3.2)$$

unde N reprezintă numărul de semnale echiprobabile.

În cazul în care semnalele nu sunt echiprobabile, informația se exprimă astfel:

$$I = \log 1/p_k \quad (3.3)$$

unde p reprezintă probabilitatea de apariție a semnalului k .

Căutând să determine informația pe care o aduce un mesaj, adică o succesiune de semnale, Shannon a constatat că, în timp ce entropia mesajului este:

$$S = \sum_{k=1}^n p_k \log p_k \quad (3.4)$$

informația pe care o aduce mesajul respectiv este:

$$I = - \sum_{k=1}^n p_k \log p_k \quad (3.5)$$

Informația este, așadar, egală cu entropia mesajului, dar cu semn schimbat, adică $I = - S$. Deoarece entropia negativă sau negentropia ar fi

egală cu ordinea 0 a mesajului sau a sistemului, adică $0 = S$, atunci informația I ar fi egală cu ordinea 0 a sistemului respectiv, adică $I = 0$.

Astfel, informația poate fi considerată ca mărime și mijloc de obținere a ordinii, fiind nu numai măsura, ci și motorul ordinii și organizării. De aceea principiul ordinii și organizării apelează nu numai la energie, ci și la informație. Informația este factorul determinant în obținerea ordinii și organizării.

Cuvântul informație - preluat din latină (*informatio*) prin intermediul limbii franceze (*information*) - este polisemantic, putând căpăta mai multe semnificații (uneori total diferite sau chiar contradictorii), ce sunt determinate de domeniile și contextele foarte variate în care este folosit.

A doua percepție a informației (ce datează din aceeași perioadă), este aceea de serviciu de primă necesitate, care a determinat dezvoltarea în întreaga lume a unui nou segment a economiilor naționale: sectorul de servicii informatice. Beneficiind de avantajele proprietăților informației și construind o percepție a utilității și valorii sale individuale și sociale, acest sector furnizează o largă gamă de produse și servicii informatice.

Problema unității de informație a fost pusă pentru prima dată în 1928 de către R.V. Hartley [4]:

- $\ln \frac{1}{e} = \ln e = 1 \text{ nit} = 1 \text{ unitate naturală Hartley}$ și reprezintă alegerea lui 1 din e .

O altă unitate de informație menționată în literatura de specialitate este definită prin relația:

- $\lg \frac{1}{10} = \lg 10 = 1 \text{ dit} = 1 \text{ unitate zecimală}$, reprezentând alegerea lui 1 din 10.

- $\log_2 \frac{1}{2} = \log_2 2 = 2 \text{ bit}$ și, reprezintă alegerea lui 1 din doi

Relațiile dintre aceste trei unități, având în vedere schimbarea bazei logaritmilor sunt:

1 nit = 1,44 bit,

1 dit = 3,32 bit.

Practic se operează frecvent cu multipli bitului după cum urmează:

1 octet (byte) (B) = 8 biți;

1 Koctet (KB) = 2^{10} octeți;

1 Moctet (MB) = 2^{10} Kocteți.

Evaluarea cantitativă și calitativă a informației constituie un demers important și pentru a cunoaște contribuția acesteia la prețul de cost al produselor și sistemelor.

3.3. Purtători de informație. Semnale

După cum s-a evidențiat anterior, una dintre caracteristicile esențiale ale informației este faptul că aceasta nu poate exista decât ca formă de manifestare a cuplului materie - energie. Așadar, cum orice transmitere de informație presupune un transfer material și energetic, transferul de informație are nevoie de suport, adică de *purtători de informație*.

Câmpul electric, câmpul magnetic, radiația electromagnetică (în speță fotonii), sarcinile electrice, atomii rețelei cristaline a unui solid sau moleculele unui lichid sau ale unui gaz reprezintă câteva exemple de purtători de informație. Mărimile fizice utilizate pentru modelarea matematică a procesului de transmitere a informației sunt specifice naturii purtătorilor de informație implicați în acest proces.

În funcție de natura energiei care mijlocește transmiterea informației, se evidențiază șase tipuri de purtători de informație [4], [25], cărora le corespund mărimile fizice adecvate (figura 3.5):

- De tip *radiant* - radiația electromagnetică (sunt utilizate mărimi fizice specifice oscilațiilor electromagnetice: intensitatea radiației, frecvență, fază, polarizare);
- *Mecanici* - transferul se face prin intermediul energiei mecanice, deci se lucrează cu mărimi fizice ca: poziție, viteză, forță, dimensiuni (lungime, grosime) etc.;
- *Termici* - sunt implicați parametri specifici fenomenelor termice: temperatură, căldură, entropie;
- *Electrici* - energia electrică mijlocește transmiterea informației, deci se face apel la tensiunea electrică, intensitatea electrică, rezistența electrică, capacitate electrică, etc.;
- *Magnetici* - apar mărimi fizice care privesc procese în care rolul principal revine energiei magnetice: inducția și intensitatea câmpului magnetic, fluxul magnetic, permeabilitatea magnetică etc.;
- *Chimici*: apar îndeosebi în procesele care se desfășoară la nivelul structurii interne a materiei, deci principalii parametri implicați

sunt cei legați de structura cristalină, stări de agregare, mișcarea moleculelor din lichide sau gaze, etc.

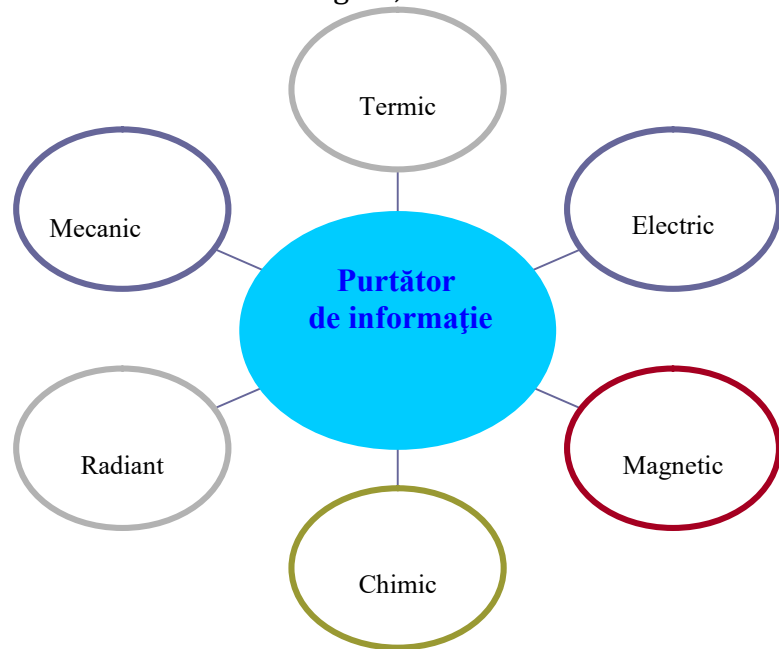


Fig.3.5. Cele șase tipuri de purtători de informație

În general, într-un proces complex de transmitere a informației, sunt implicați mai mulți purtători de informație, care își transferă informația de la unul la altul. Astfel, senzorii, de pildă, preiau informația din exterior prin intermediul unuia sau mai multor purtători de informație (Figura 3.6.)

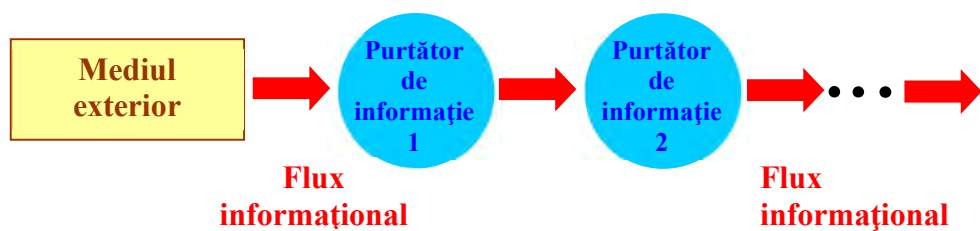


Fig.3.6. Transmiterea informației de la mediul exterior la senzor prin intermediul purtătorilor de informație

Semnalul este o mărime fizică măsurabilă, purtătoare de informație, care poate fi transmisă la distanță, recepționată și/sau prelucrată. Mărimea fizică variabilă reprezentând semnalul poate fi tensiune, curent, presiunea aerului, deplasarea unui corp etc. Semnalul este forma de manifestare fizică a informației.

Un semnal descris de o funcție continuă în timp $x(t)$ se numește semnal analogic (figura 3.7). În general semnalele ce reprezintă fenomene și/sau procese naturale, sunt semnale analogice. Analiza acestor semnale se face de obicei cu transformata Fourier. Analiza Fourier pentru un semnal $x(t)$ cunoscut, constă în determinarea coeficienților seriei Fourier. Sinteza Fourier a semnalelor analogice constă în reconstituirea unui semnal dorit $x(t)$ dintr-o serie de funcții x_n .

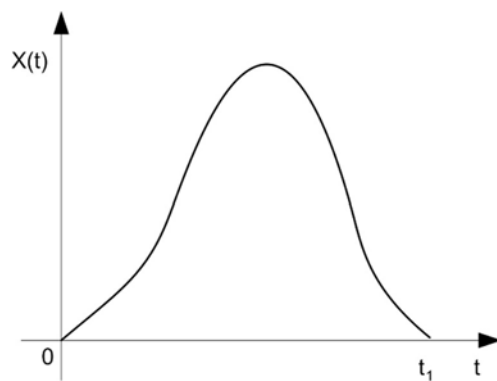


Fig. 3.7. Semnal analogic

Semnalele pot avea valori nenule la momente discrete de timp, fiind egale cu zero în afara acestora și în acest caz se numesc semnale discrete. Un astfel de semnal se obține dacă în circuitul/sistemul prin care trece semnalul $x(t)$, se introduce un comutator care se închide pentru un interval scurt de timp la fiecare moment t_n , $n \in \mathbb{Z}$. Un exemplu este prezentat în figura 3.8.

Semnalul $x_e(t)$ constituit din eșantioane ale semnalului $x(t)$ se numește semnal eșantionat. Eșantionarea prezentată în figura de mai jos, este periodică deoarece k_T acționează periodic. Intervalul de timp T reprezintă perioada de eșantionare iar $\Omega = 2\pi/T$ este pulsația de eșantionare.

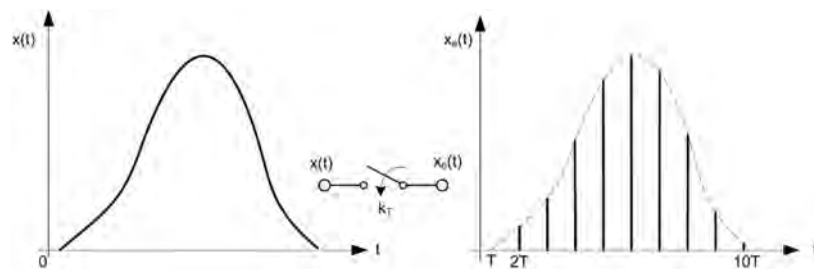


Fig.3.8. Obținerea semnalului eșantionat

În scopul prelucrării numerice este necesar să se reprezinte numeric eșantioanele x_n . Această operație se realizează prin cuantizarea semnalului, alegându-se un număr de niveluri de cuantizare a amplitudinii eșantioanelor în funcție de baza sistemului de reprezentare: sistem zecimal 10^k , binar 2^k etc.

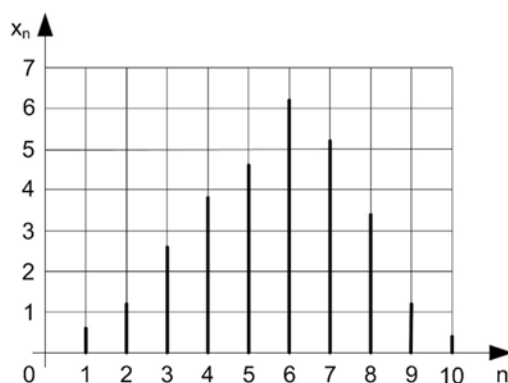


Fig. 3.9. Semnal eșantionat

Studiul comportării dinamice a diferitelor sisteme și procese, se realizează prin analiza răspunsului lor la diferite variații ale semnalului de intrare. Frecvent se utilizează semnale de tip: treaptă, rampă, impuls sau sinusoidal. Pe baza analizei, la proiectare se urmărește îmbunătățirea performanțelor fără a schimba blocurile esențiale cum ar fi: amplificatorul, actuatorii sau procesul controlat. În general, este de dorit ca îmbunătățirea performanțelor să se realizeze pe seama controlerului. Principalii indicatori de performanță se referă la durata regimului tranzitoriu, mărimea erorii în regim stabilizat, sensibilitatea la perturbații etc.

În concluzie, senzorii, actuatorii, precum și dispozitivele de condiționare a semnalelor sunt componente cu rol determinant în realizarea legăturilor între modulele unui sistem mecatronic, mijlocind transmiterea informației între acestea. Pe de altă parte, aceste componente reprezintă elemente fizice reprezentative în ceea ce privește materializarea principiilor, legilor și fenomenelor fizicii sub forma unor aplicații în tehnologie.

3.4. Mecatronica-Știința mașinilor inteligente

Valorificarea potențialului cercetării în domeniul inteligenței artificiale se arată a fi imposibilă fără studiul structurii și comportării sistemelor mecatronice complexe. Pe de altă parte, studiul construcției și funcționării sistemelor mecatronice presupune în primul rând aplicarea în situații concrete a principiilor și legilor studiate la fizică.

Orice mașină inteligentă include în structură trei subsisteme de bază (figura 3.10) [4], [14]. Granița dintre funcțiile acestor subsisteme fiind imposibil de trasat, aceste funcții nu sunt neapărat îndeplinite de către componente fizice diferite.

În primul rând, o mașină inteligentă trebuie să aibă atât capacități senzoriale, precum și capacitatea de a interpreta senzațiile. Prin urmare, primul subsistem al unei mașini dotate cu inteligență trebuie să fie cel de *percepție*, responsabil de colectarea, stocarea, procesarea și distribuirea informației privind starea mașinii și a mediului său exterior. Funcția de percepție este realizată prin intermediul senzorilor și *traductorilor* (dispozitivele care transformă o mărime fizică de intrare într-o mărime fizică electrică – adesea – de ieșire, destinată procesării ulterioare), precum și a *sistemelor de achiziții de date* (sisteme prin care informațiile, preluate de la traductoare, sunt prelucrate pentru a putea fi preluate de către controler). Principala diferență dintre un senzor și un traductor, este aceea că traductorul este un dispozitiv elementar care, neconținând elemente de prelucrare a semnalului, realizează doar conversia acestuia, în timp ce senzorul poate răspunde și de alte funcții [17], [25].

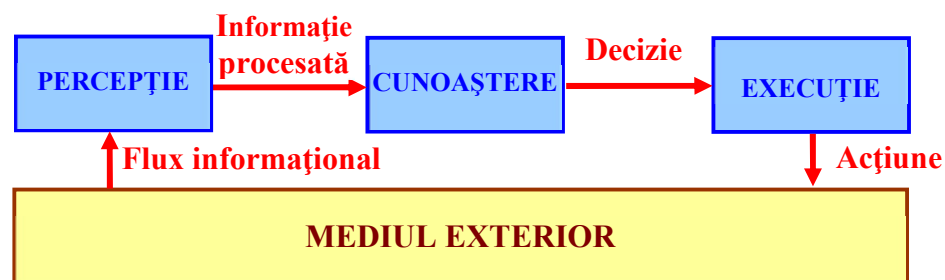


Fig. 3.10. Subsistemele de bază ale unei mașini inteligente

Unii senzori conțin, ca parte integrantă a lor sistemele de condiționare a semnalelor, sau chiar microprocesoare pentru a realiza diferite *funcții inteligente chiar la nivel de senzor* (procesarea digitală a semnalului, corecția erorilor din procesul de detecție, autocalibrarea și autotestarea în cazul în care echipamentul prezintă anomalii în funcționare, etc. Dezvoltarea rapidă a microelectronicii, micromecanicii, a opticii integrate și a altor tehnologii de nivel înalt a permis *miniaturizarea elementelor de senzori* (numiți „microsenzori”), precum și *integrarea fizică* a mai multor funcții și elemente de procesare de semnal pe același substrat. Acestea constituie componentele *microsistemelor*, adică acele sisteme care au cel puțin o componentă realizată prin una dintre microtehnologiile cunoscute, mai multe funcții fiind îndeplinite pe un spațiu fizic redus.

Al doilea subsistem este cel care realizează funcția de *cunoaștere*, care constă în evaluarea informațiilor preluate prin percepție și luarea unor decizii în vederea planificării acțiunilor mașinii. Componenta fizică cu rol esențial în acest proces este *controlerul (microprocesorul)*.

Subsistemul de execuție, cel de-al treilea subsistem al unei mașini inteligente, răspunde de inițierea, controlul și încheierea acțiunilor mașinii, pe baza informației primite de la celelalte două subsisteme. Elementele fizice prin intermediul cărora se realizează funcția de execuție sunt *actuatoarii* [15].

3.5. Educația mecatronică

Principiile mecatronice în educație vizează dezvoltarea gândirii sistemice, integratoare și formarea deprinderilor de a lucra/învăța în echipă. În societatea cunoașterii, abordările pentru dezvoltarea gândirii

sistemice, integratoare, sunt la fel de importante precum scrisul și cititul [17]. Cunoașterea este rezultatul structurării și integrării informației. Personalitatea unui individ nu depinde atât de lărgimea orizontului și bogăția cunoștințelor, cât de capacitatea de structurare și integrare a acestora. *Educația mecatronică asigură flexibilitate în acțiune și gândire, trăsături definitorii ale specialistului în economia de piață.* Flexibilitatea este o caracteristică definitorie a sistemelor mecatronice, determinată de integrarea în structura acestora a legăturilor informaționale. În acest context educația mecatronică răspunde exigențelor educației inteligente, asigurând competențele necesare elevilor, studenților, adulților etc. pentru integrarea în mediul inteligent, organizațiile inteligente, comunitatea inteligentă etc. Organizațiile și comunitățile sunt competitive numai dacă sunt și ele inteligente, dacă învață [29],[30]. Elementul de legătură între om și organizații (instituție), între acestea și comunitate este competența. Prin autoprogramarea reușită a persoanelor, organizațiilor și a comunităților se obține o participare de calitate pe fiecare nivel, cu impact pozitiv asupra elementelor integrate.

Platformele mecatronice reprezintă infrastructura de bază în mediile pentru educație inteligentă. Acestea sunt sisteme tehnice complexe care integrează în structura lor elemente de inginerie mecanică (mecanisme, transmisii mecanice etc.), elemente de inginerie electrică-electronică (actuatori, senzori, microcontrolere, filtre, amplificatoare etc.) și elemente de control și informatică (algoritmi de control, software dedicat, interfețe om-mașină etc.). Platformele mecatronice pot fi: staționare, mobile, portabile și virtuale [16]. Platformele staționare includ: echipamente fixe de laborator pentru educație și cercetare. Platformele mobile sunt constituite din module mecatronice într-o structură reconfigurabilă, fiind utilizate pentru cercetare și demonstrații în afara universităților (școli, companii etc.). Platformele portabile au în componența lor module mecatronice low-cost și cu masă redusă. Ele pot fi utilizate pentru a realiza experimente oriunde și oricând [6],[16],[20]. Platformele virtuale includ laboratoare virtuale, biblioteci virtuale, baze și surse de cunoaștere etc. *Platformele mecatronice se utilizează pe toate treptele procesului educațional (de la preșcolari la formarea profesională a adulților). Detalierea din site-urile cu tematică “Advanced mechatronics for kids”, www.academia.inventeza.ro sau, 99 Superb Sites on Mechatronics & Robotics Engineering sunt relevante în acest sens.*

3.6. Dezvoltarea mecatronicii ca disciplină tematică în mediul academic

În dezvoltarea sa, mecatronica a parcurs etapele: tehnologie, filosofie, știința mașinilor inteligente, mediu pentru educație smart, învățare organizațională și dezvoltare sustenabilă.

În figura 3.11, se prezintă tranziția în evoluția mecatronicii de la identitate disciplinară la identitate tematică. De la prima etapă (1) unde nu există interacțiune între disciplinele inițiale la a doua etapă (2) care reprezintă o situație unde studenții combină cursuri de la diferite discipline pentru a-și lărgi orizontul cunoașterii. Aceasta este o etapă multidisciplinară, unde, întreg sistemul educațional este organizat și funcționează pe bază de discipline. În etapa (3) accentul se pune pe crearea cursurilor interdisciplinare. A patra etapă este reprezentată în principal de crearea de noi curricule pentru aplicații interdisciplinare ca de altfel pentru identitatea diferită a subiectului, identitatea disciplinară diminuându-se în favoarea identității tematice. În etapa (5), disciplinele inițiale se diminuează aproape în întregime, ceea ce este posibil datorită unei schimbări complete în organizare. A șasea etapă (6) este echivalentă cu tratarea mecatronicii ca un întreg, ca o identitate tematică [7].

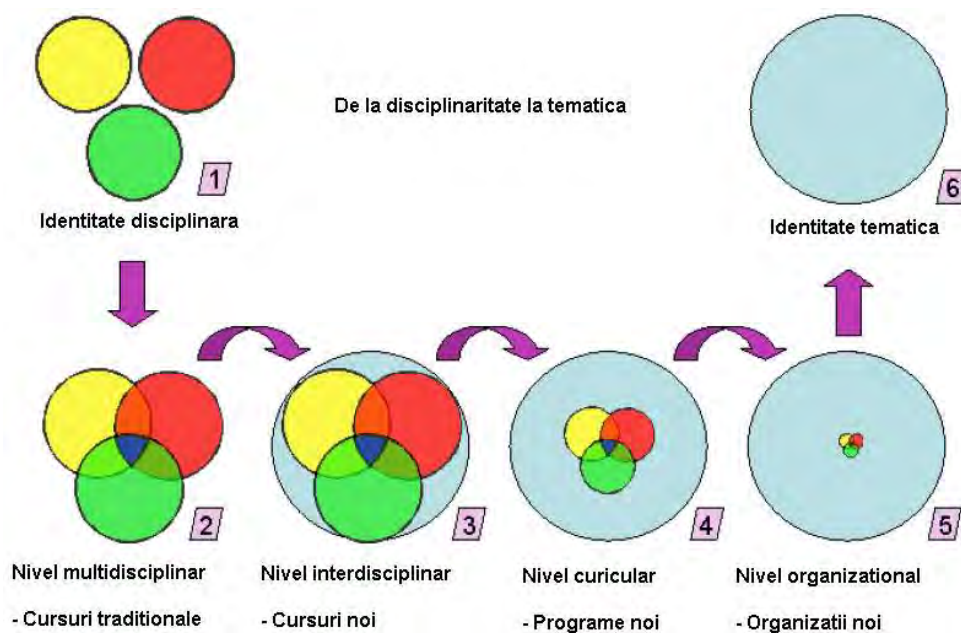


Fig. 3.11.Evoluția mecatronicii de la identitate disciplinară la identitate tematică

Infrastructura pe baza platformelor mecatronice, specifică mediilor pentru educație inteligentă facilitează înțelegerea procesului de integrare-complexificare în natură și în tehnologie, precum și a rolului informației și a legăturilor informaționale în acest proces. În acest context, în lucrările [4], [5] se argumentează că, identitatea mecatronicii bazată pe conceptul de complexitate este trans-tematică. Se înțelege că, platformele mecatronice reprezintă infrastructura de bază pentru învățarea transdisciplinarității, cu scopul de a stimula creativitatea și creșterea productivității muncii în producția de cunoaștere. Trebuie subliniat faptul că, disciplinaritatea, pluridisciplinaritatea, interdisciplinaritatea și transdisciplinaritatea sunt abordări complementare [4], [5], [6], [17].

3.7. Mecatronica-identitate, legitimitate, selecție și comunicare

3.7.1. Cele patru aspecte ale mecatronicii

Potrivit abordării lui Grimheden [7], orice analiză a unui subiect didactic X (cum este și mecatronica) presupune patru aspecte. În primul rând, trebuie ridicată întrebarea ce este de fapt X, adică se pune problema *identității* subiectului. Identitatea poate fi, în opinia lui, *disciplinară* sau *tematică*. Dacă există un consens general în ceea ce privește definiția, conținutul și structura subiectului, precum și locul acestuia în procesul cunoașterii, identitatea lui este una disciplinară. Acesta e cazul subiectelor tradiționale mature, ca matematica, fizica, biologia etc., ale căror programe școlare sunt, în general, bine conturate. În lipsa acestui consens, se poate vorbi (de regulă, în cazul domeniilor apărute recent) doar de existența unei teme care stă la originea subiectului, identitatea acestuia fiind, deci, una tematică. De pildă, în această situație se află ingineria sistemelor, care este fundamentată pe ideea sau tema de sistem. Astfel, mecatronica are, afirmă Grimheden, o identitate tematică, idee susținută și de faptul că nu există încă o definiție universal acceptată a mecatronicii sau o programă universitară comună (figura 3.11). Propunerea lui Grimheden este aceea de a urmări elementele comune ale diverselor definiții ale mecatronicii, aceste elemente constituind indicii importante în ceea ce privește tema care dă identitate mecatronicii.

În consecință, Grimheden identifică două elemente comune: ideea de *sinergie* și nevoia de *abilități complementare* [7].

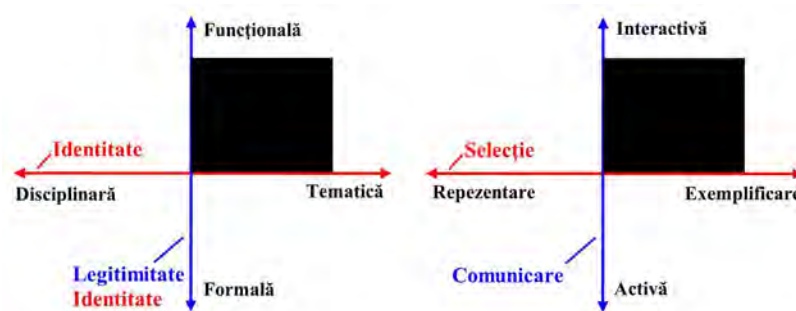


Fig. 3.12. Cele patru aspecte ale mecatronicii evidențiate de Grimheden

Al doilea aspect este cel al *legitimității* subiectului, adică al rațiunii sale de a exista. Legitimitatea este consecința relației dintre rezultatul pregătirii oferite de universități și cerințele pe care societatea le are în ceea ce privește abilitățile absolvenților. Legitimitatea poate fi *formală* sau *funcțională*, în funcție de tipul de cunoaștere promovat. Cunoașterea formală reprezintă ceea ce poate fi citit, înțeles și asimilat din cărți, cursuri etc. Aspectul funcțional al legitimității are de-a face cu abilitățile practice (*skills*), care nu pot fi învățate din cărți, ci se însușesc treptat, prin experimente de laborator, exerciții de tip încercare-eroare etc. Din acest punct de vedere, Grimheden consideră că legitimitatea mecatronicii este una funcțională (figura 3.12).

În al treilea rând, trebuie analizată problema *selecției* celor mai importante aspecte ale subiectului X care trebuie studiate. Există două tipuri extreme de selecție. Primul este cel „orizontal”, prin *reprezentare*, care oferă o perspectivă largă, cuprinzătoare, asupra întregului subiect. Al doilea este „vertical”, demers în cursul căruia, prin *exemplificare*, se studiază profund doar un număr limitat de aspecte ale subiectului. În opinia lui Grimheden, identitatea tematică a mecatronicii impune o selecție verticală (figura 3.12), prin exemplificare, urmărind formarea unor deprinderi și abilități practice centrate pe cuvinte-cheie (sinergia fiind unul dintre ele), care reprezintă temele fundamentale ale acesteia.

În fine, ultimul aspect este acela al *comunicării*, adică al celui mai eficient mod în care trebuie să fie transmis studenților subiectul X. Există două forme de comunicare. Prima este comunicarea *activă*, în care relația profesor-student este similară controlului feed-forward în buclă deschisă, actul educațional fiind centrat pe modul în care profesorul trebuie să acționeze pentru a-și atinge obiectivele. A doua formă este

comunicarea *interactivă*, similară controlului în buclă închisă, în care rolul esențial îl are feed-back-ul pe care profesorul îl primește de la student. După Grimheden, există o strânsă legătură între legitimitatea funcțională a mecatronicii și forma de comunicare adecvată acesteia: abilitățile practice cerute de piața industrială pot fi formate doar prin lucrul în echipă, învățare bazată pe rezolvare de probleme sau proiecte, ceea ce presupune obligatoriu optarea pentru forma de comunicare interactivă a mecatronicii (figura 3. 12).

Așadar, privind mecatronica din perspectiva metodologiei transdisciplinare, identitatea ei este bazată pe o idee-simbol (care are, în plus, rol de principiu epistemologic), ceea ce face ca mecatronica să fie un domeniu deschis. Prin urmare, în viziune transdisciplinară, mecatronica transcende limitele unei simple identități tematice [4].

În concluzie, se poate afirma că *identitatea mecatronicii, întemeiată pe ideea complexității, este una trans-tematică* [4].

3.7.2. Dublul aspect al legitimității mecatronicii

Mecatronica reprezintă un domeniu al ingineriei, deci este orientată, în mod firesc, către formarea de profesioniști care să stăpânească deprinderile practice necesare proiectării și întreținerii sistemelor mecatronice.

O posibilă clasificare a domeniilor majore care se impun a fi studiate [11], [17]. este următoarea:

- modelarea și simularea sistemelor fizice,
- tehnologia senzorilor și actuatorilor,
- semnale și sisteme,
- informatică, calculatoare și sisteme logice

Pentru asta se recurge la metode educaționale specifice, centrate pe student și muncă în echipă: învățarea prin practică (*learning by doing*), învățarea bazată pe probleme (*problem-based learning*) sau învățarea bazată pe proiecte (*project-based learning*), ceea ce conduce exact către tipul de specializare *flexibilă și creativă* cerută de cel de-al doilea pilon al raportului Delors: *a învăța să facem*. În plus, promovând munca în echipă, ca o prelungire firească a dimensiunii sale funcționale, mecatronica este în deplin acord și cu cel de-al treilea pilon al raportului Delors, *a învăța să trăim împreună*; lucrând împreună, studenții își vor însuși în mod firesc, natural, o atitudine transculturală, transpolitică, transreligioasă și chiar transnațională [4], [6] (prin școlile internaționale de vară,

programele de schimb de experiență între universități din mai multe țări etc.).

Mecatronica este văzută ca un factor esențial al inovării în Europa cunoașterii, constituind totodată, după cum s-a arătat mai sus, un spațiu favorabil deschiderilor multi și transculturale. În contextul demersurilor pentru atingerea obiectivelor Agendei ONU - 2030 privind dezvoltarea sustenabilă, la nivelul UE există un interes major în vederea dezvoltării *spiritului european pentru mecatronică*.

În concluzie, *dimensiunea funcțională* a mecatronicii este incontestabilă. Formarea deprinderilor practice este imposibilă însă în afara unui cadru teoretic, conceptual bine articulat. Potrivit raportului Delors, înainte de a *învăța să facă*, studentul trebuie să *învețe să cunoască*, adică, începând de la mirare și interogație, acesta să asimileze treptat conceptele și metodele prin care să-și dezvolte, progresiv, discernământul și spiritul științific [4].

Cunoașterea teoretică este cea care fundamentează o *viziune*, un mod de a privi lumea, care facilitează integrarea unei materii particulare într-un ansamblu coerent. Mai mult, schimbările rapide ale societății pot genera răsturnări de situații pe piața muncii, astfel că un anumit set de abilități extrem de util la un moment dat se poate dovedi nefolositor peste câțiva ani. În acest caz, *dimensiunea formală* a mecatronicii este chiar mai folositoare decât cea funcțională întrucât o cunoaștere formală solidă permite dezvoltarea de noi abilități, funcțional adaptate noii situații. În concluzie, o *abordare educațională completă, integratoare, impune sesizarea și exploatarea avantajelor oferite atât de aspectul funcțional, cât și de cel formal al mecatronicii*.

3.7.3. Cele două dimensiuni ale selecției și ale comunicării în mecatronică

O identitate tematică și o legitimitate funcțională a mecatronicii ar impune o *selecție verticală*, formată din aspectele cele mai reprezentative ale acesteia, demers centrat pe cuvinte-cheie tematice (sinergie, abilități practice complementare etc.) și care urmărește mai degrabă însușirea, prin exemplificare, a deprinderilor practice specifice decât a cunoașterii abstracte. Dacă se admite însă că, abordată transdisciplinar, identitatea mecatronicii este trans-tematică, precum și faptul că legitimitatea ei nu este mai mult funcțională decât formală, nu trebuie ales între o selecție verticală (prin exemplificare) și una orizontală (prin reprezentare). În prezent, multe cursuri universitare din

lume utilizează ambele tipuri de selecție; de regulă, în primii ani selecția este orizontală, pentru ca în ultimii ani să se recurgă la selecția verticală [4]. Prin urmare, trebuie găsit un *model educațional dinamic*, flexibil, care să armonizeze cele două tipuri de selecție, orizontală și verticală, pentru a folosi la maxim potențialul fiecăruia.

La fel se pune problema și în ceea ce privește ultimul aspect, cel al comunicării mecatronicii. Controlul funcționării unui sistem cibernetic în general (și mecatronic în particular) se face prin mecanismul de feed-back dacă perturbațiile provenite din exterior au un grad scăzut de predictibilitate (caz în care semnalul de ieșire este folosit pentru a regla semnalul de intrare prin așa-numita „buclă închisă”), respectiv prin mecanismul de feed-forward dacă perturbațiile pot fi riguros anticipate (situație în care efectul perturbațiilor este compensat printr-un semnal exterior).

Controlul prin feed-forward este utilizat în special atunci când se dorește evitarea controlului prin feed-back, care, fiind mai lent, poate să nu reacționeze în timp util pentru a păstra integritatea sistemului. Varianta optimă de control a unui sistem este utilizarea unei combinații a celor două mecanisme; astfel, se îmbină armonios beneficiile controlului prin feed-back (care poate proteja sistemul în fața unor perturbații imprevizibile) cu cele ale controlului prin feed-forward (care permite sistemului să răspundă rapid la perturbații, înainte ca acestea să-l afecteze ireversibil).

Similar, în ce privește actul educațional, este necesară folosirea ambelor mecanisme de control, care corespund celor două tipuri de comunicare. Feed-back-ul (principiul conexiunii inverse) corespunde comunicării interactive, potrivit căreia e insuficientă doar transmiterea informațiilor necesare studenților (neglijând astfel efectul pe care acestea îl produc în plan formativ și cognitiv), ci trebuie utilizate și informațiile cu rol autoreglator [19], [21], transmise de studenți înapoi profesorilor. În această privință, cel de-al treilea pilon al raportului Delors, *a învăța să fim*, ne arată că trebuie ca studentul să învețe de la profesor, cât și profesorul de la student, cei doi formând astfel o entitate non-separabilă Subiect-Obiect [4]. Pe de altă parte, dacă feed-back-ul reprezintă modalitatea prin care finalitatea redevine cauzalitate, feed-forward-ul reprezintă modalitatea prin care anticiparea finalității devine cauzalitate [6]. Prin intermediul acestui tip de control, care corespunde comunicării directe, profesorul poate adapta din mers actul de comunicare didactică, anticipând și evitând posibilele piedici care stau în calea atingerii finalităților propuse.

Astfel, ambele forme de comunicare, activă și interactivă, se dovedesc a fi, deopotrivă, extrem de utile: profesorul va interveni atunci când rezultatele studenților la examene sunt nesatisfăcătoare (feed-back), respectiv va acționa preventiv, anticipând o posibilă evoluție către astfel de rezultate (feed-forward).

3.8. Mecatronica în educație și în practica inginerască

Pentru practica inginerască, mecatronica a marcat saltul de la ingineria tradițională, secvențială, (Figura 3.12.) la ingineria simultană, concurentă (Figura 3.13.).

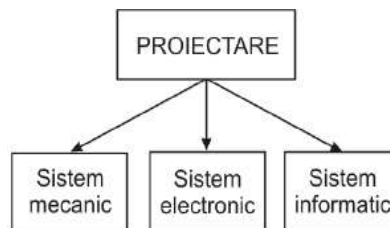


Fig. 3.12. Proiectare tradițională

Astfel, s-au dezvoltat conceptele de: *proiectare integrată* și *proiectare pentru control* [13], [17], [19].

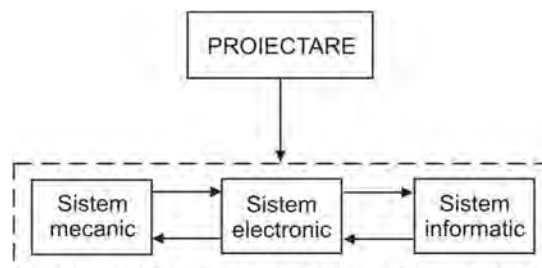


Fig. 3.13. Proiectare mecatronică

În acest context, problemele privind procesele de integrare-interfațare, legăturile informaționale și integrarea funcțiilor de control în structura produselor trebuie luate în considerare încă din faza de proiectare conceptuală.

În educația ingineriască, dezvoltarea gândirii sistemice și transdisciplinare, formarea deprinderilor de a lucra în echipă precum și învățarea organizațională sunt obiective majore.

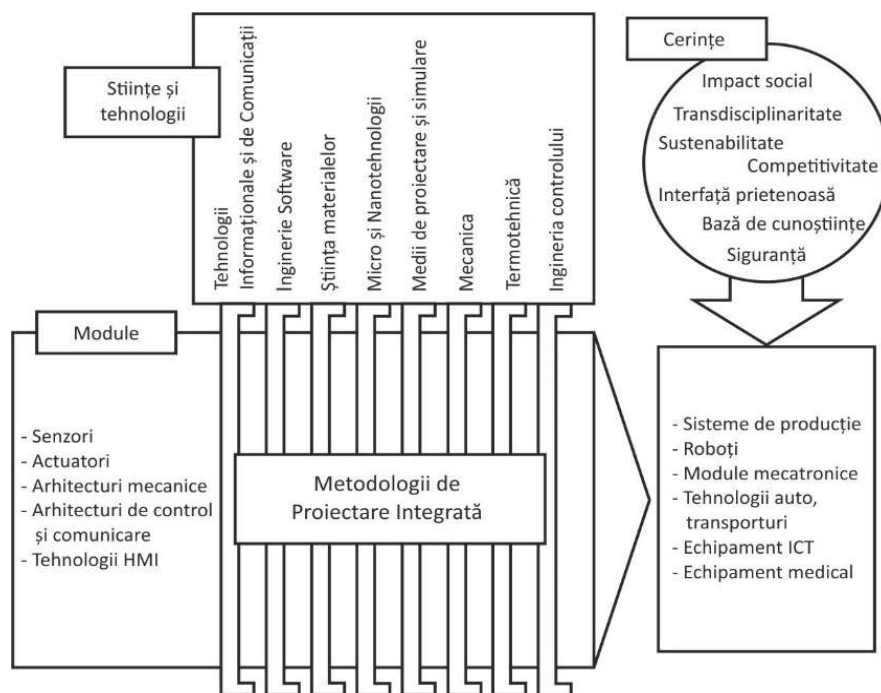


Fig.3.14. Conceptul de proiectare integrată în mecatronică

Educația mecatronică răspunde exigențelor impuse pentru dezvoltarea sustenabilă. Societatea sustenabilă se sprijină pe trei piloni: economic, social și mediu. Problemele specifice trebuie abordate global, soluțiile rezultând prin transgresia granițelor dintre discipline [4], [13]

Ingineria mecatronică este prezentă în tehnologie în toate domeniile. Terminologia consacrată în literatura de specialitate precum: ecomecatronică, autotronică, agromecatronică, robotronică, hidronică, pneutronică, termotronică, micro,nano, biomecatronică etc., este relevantă în acest sens. Ingineria mecatronică asigură suportul pentru abordarea integrată a elementelor: informație, energie, materie, principalele ingrediente ale universului și concepte fundamentale în fizică [10]. În figura 3.15 se prezintă câteva exemple reprezentative de sisteme mecatronice.



Fig. 3.15. Exemple de sisteme mecatronice

Interesul privind promovarea mecatronicii în educație, cercetare și dezvoltare tehnologică este în continuă creștere, iar activitățile asociate acestui concept continuă să se amplifice de la an la an. Abordările în câmpul mecatronicii necesită cunoștințe avansate din multiple domenii ingineresti (Figura 3.14.). Ele combină cinematica și dinamica, știința materialelor, electronica și comunicațiile, teoria controlului, tehnologia informației, micro tehnologii etc. Sistemele mecatronice, fiind rezultatul unui proces de proiectare integrată, sunt superioare oricărui produs realizat printr-o metodologie de proiectare clasică (secvențială) [9], [13].

3.9. Rețele de lucruri inteligente, IoT și Cyber Physical Systems

Internetul permite extinderea la scară globală a comunicării, astfel că acesta permite realizarea unor sisteme care se folosesc de el. Practic, orice platformă online este un sistem în cadrul căruia oamenii interacționează și obțin diferite rezultate împreună. Dar prin mașinile inteligente, cu facilități de comunicare, interacțiunile au putut fi extinse,

de la interacțiunea om – om P2P, până la cea om – mașină P2M și la cea mașină – mașină M2M, figura 3.16.

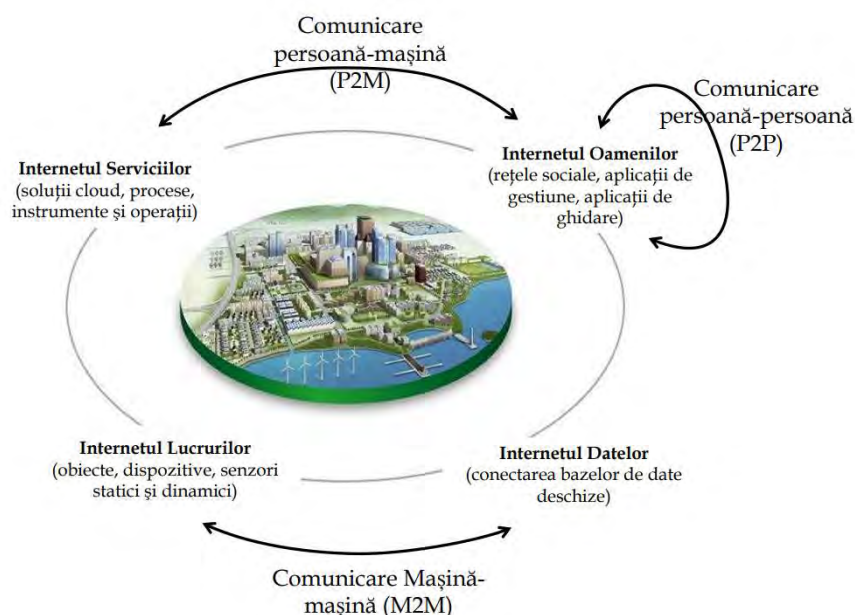


Fig.3.16. Facilități de interconectare oferite de internet

Folosind facilități de intercomunicare, produsele mecatronice pot fi integrate în rețea. Integrarea lor presupune ca acestea pot participa prin capabilitățile de comunicare la o rețea globală, dinamică, unde ele au o identitate virtuală și sunt integrate informațional, fără contact (Figura 3.17.).



Fig.3.17.Definiția IoT, conform <http://www.internet-of-things-research.eu>

Tot mai multe produse se conectează în rețeaua internet, astfel că prin ea pot fi realizate acțiuni la distanță, cum ar fi gestionarea încălzirii locuinței, pornirea mașinii, asistența tehnică la distanță etc. Astfel ele sporesc confortul și asigură o mai bună utilizare a resurselor energetice și de timp. Obiectele pot comunica și direct între ele prin intermediul rețelei. Spre exemplu comunicarea autoturismelor inteligente pe șosea permite creșterea siguranței traficului și optimizarea deplasării lor.

O aplicație bine cunoscută a comunicării între sisteme inteligente este GPS-ul, sistemul global de poziționare. Cu ajutorul lui se poate stabili cu o precizie destul de ridicată, de ordinul a 1-2 metri, poziția oricărui obiect capabil să acceseze rețeaua sateliților. Un alt exemplu familiar de obiecte interconectate este cel oferit de rețele celulare de telecomunicații. Orice telefon celular este conectat la o rețea. astfel el poate fi găsit oriunde se află în aria de acoperire.

Astfel de sisteme sunt Sisteme Cyber-Fizice (CPS - Cyber Physical Systems)[8]. Acestea sunt prezentate într-o viziune holistică în figura 3.18.

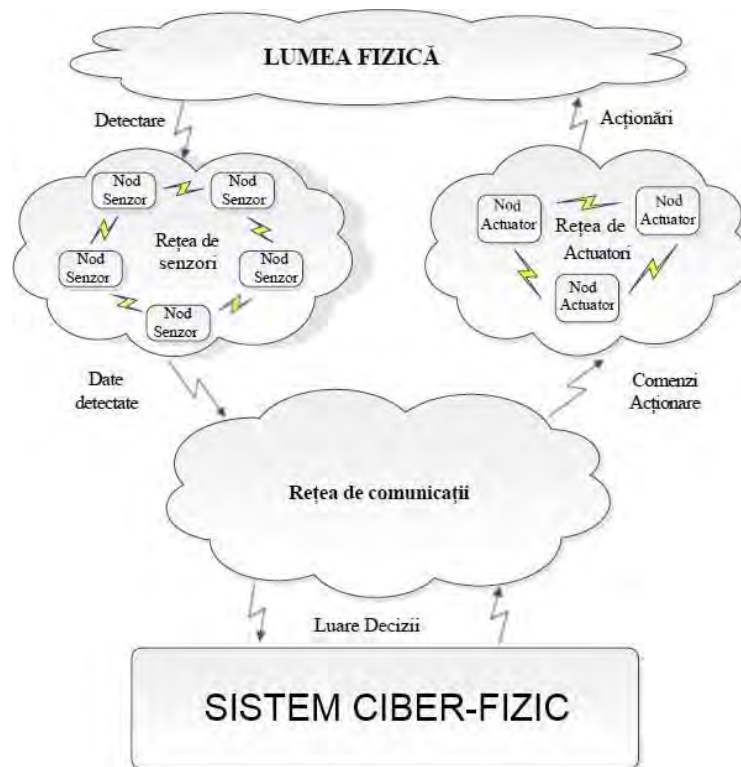


Fig.3.18. Viziune holistică CPS [8]

Ele reprezintă o extindere a unui sistem mecatronic folosind puterea rețelelor și a calculatoarelor. Astfel un număr mare de senzori poate fi folosit pentru a culege date de pe o suprafață mare, de diferite tipuri și transmise la unitățile de prelucrare a lor, care pot fi și ele mai multe, conectate în rețea. În funcție de datele primite se iau anumite decizii în sistemul informatic, care vor fi transmise actuatorilor, care pot fi și ei conectați în rețea.

Pentru a forma un sistem, acestea îndeplinesc împreună diferite funcții. Guvernarea proceselor ce au loc este realizată tot de softurile active, în execuție pe mașini inteligente, ce preiau, prelucrează informația, decid și conduc procesele.

IoT și CPS reprezintă valorificări prin extindere și interconectare ale potențialului produselor mecatronice. Ele sunt asemănătoare sistemelor supraindividuale realizate de oameni, motiv pentru care pot reprezenta un obiect de studiu util și edificator. Deoarece împreună obiectele inteligente reușesc să asigure îndeplinirea cu succes a unor sarcini complexe, pe distanțe și durate lungi de timp, modul în care se reușește acest lucru poate fi un exemplu de bună practică a integrării dispozitivelor inteligente. Internetul este un astfel de produs, pentru realizarea căruia contribuie într-o lucrare comună, un număr imens de computere interconectate. Prin aplicațiile, datele și serviciile instalate pe ele, acestea asigură susținerea celei mai grandioase opere realizată împreună de oamenii din toată lumea. Nimic nu se compară cu acest produs, la a cărui dezvoltare contribuie mai mult sau mai puțin conștient toți cei care accesează și folosesc internetul.

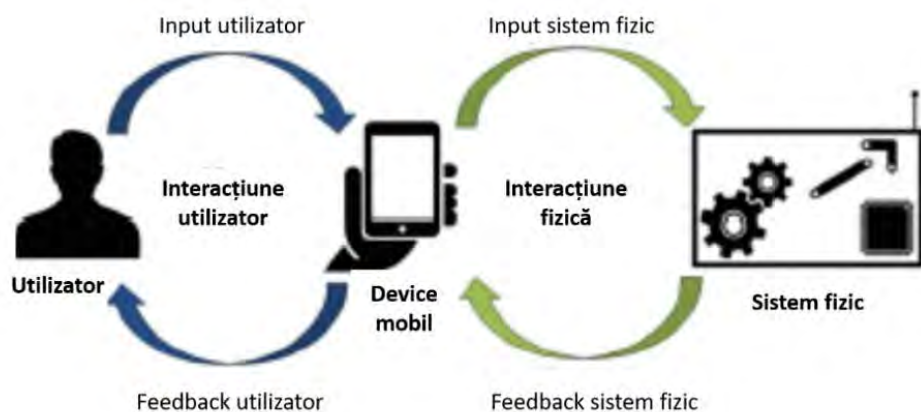


Fig. 3.19. Exemplificare CPS folosind dispozitive mobile

Un exemplu mai simplu pentru CPS este realizat atunci când comanda unui dispozitiv fizic este realizată prin intermediul unui dispozitiv mobil. O astfel de arhitectură a unui sistem cyber-fizic care îmbunătățește interacțiunea utilizatorului cu un sistem fizic prin intermediul unui dispozitiv mobil este prezentat în figura 3.19.

Folosind produsele inteligente, capacitatea lor de a prelua, prelucra, memora, afișa și schimba informații, comunitățile evoluează, astfel că locurile în care își duc viața încep să devină și ele smart. Astfel se vorbește și se urmărește de către majoritatea orașelor realizarea unor sisteme inteligente prin care ele să devină smart city.

3.10. Modernizarea produselor mecatronice

Rememorând, mecatronica integrează în produse trei domenii importante din inginerie: mecanica, electronica și informatica. Mijlocul prin care reușește acest lucru este informația activă într-o mașină inteligentă, în care este preluată, activată și care apoi determină modul de acțiune. Pentru fiecare acțiune a mașinii avem o entitate virtuală, generată prin programare, care asigură lucrul cu informația necesară. Informația poate proveni din subansamble create de toate cele trei domenii și se poate întoarce după analizare și selectarea răspunsului spre a produce acțiuni în toate cele trei.

Evoluția produselor mecatronice se desfășoară pe două căi principale. Prima este cea clasică, în care producătorul oferă produse noi, tot mai bune, inclusiv cu software actualizat, iar cealaltă constă în îmbunătățirea softului deja existent în produse. Această a doua cale se poate realiza în două feluri diferite: prin update-uri externe ori prin învățarea directă, din experiență, a produselor – figura 3.20.

Majoritatea sistemelor mecatronice nu au integrate și funcții de învățare, astfel acțiunea directă asupra modului propriu de a acționa ori de a răspunde la evenimente, deci asupra propriului soft, nu este integrată. Răspunsurile sunt corectate, tot mai elaborate și mai precise cu fiecare versiune nouă a softului unui dispozitiv, dar produsul propriu-zis nu intervine asupra lui. Cei care se ocupă de îmbunătățirea lui sunt de obicei producătorii ori cei pasionați, care oferă actualizări ori diferite versiuni particularizate pentru softul produselor.

Ar fi și foarte costisitor, probabil nejustificat din perspectiva raportului cost/beneficii ca să fie implementate softuri de învățare pe toate dispozitivele. O soluție interesantă și eficientă folosită tot mai des este cea prin care produsul se poate conecta la internet, caută actualizări

pentru softul său, le descarcă, le instalează și își îmbunătățește astfel funcțiile. Telefoanele, televizoarele smart, imprimantele cu funcții de rețea sunt numai câteva dintre produsele folosite zilnic care fac acest lucru.

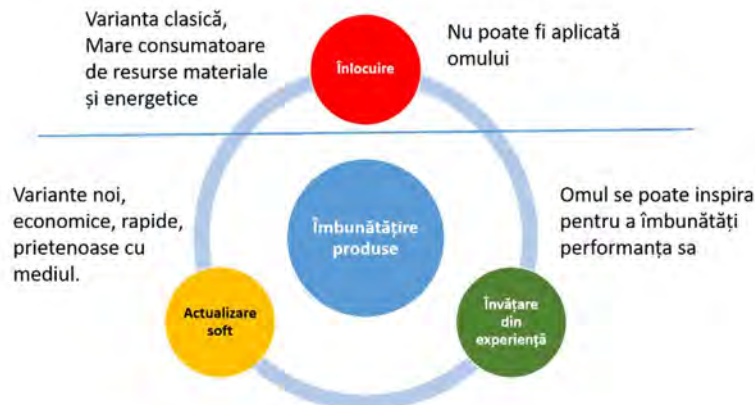


Fig.3.20. Modalități de îmbunătățire a performanțelor produselor mecatronice

Pentru o cât mai rapidă soluționare a problemelor, produsele păstrează adesea un istoric al acțiunilor desfășurate astfel că pot fi raportate erorile prin Internet direct la producător și pot fi eliminate mai repede. Acest lucru se realizează de obicei la următoarele actualizări ale softului dispozitivului.

Sunt și produse mecatronice care învață, cum ar fi cele de pe unele modele de automobile autonome. Acestea folosesc softuri de învățare pentru a optimiza răspunsurile lor, pentru a îmbunătăți și actualiza hărțile pe care le folosesc pentru navigare. De asemenea, ele pot comunica și altor produse similare ce au învățat. Trebuie însă menționat și faptul că un astfel de comportament este realizat nu prin inteligență proprie ci prin cea pe care oamenii au pus-o în ele, în programele care asigură capacitatea de a învăța.

Prin îmbunătățirea softului produsul devine și el mai bun. Nu este nevoie de o înlocuire atât de deasă a lui, ci doar de o exploatare mai bună a resurselor pe care le are. Prin aceasta se asigură o economie de resurse materiale, energetice și umane. Cu timpul se poate ca din dorința de a avea noi funcționalități ori o performanță mai bună să înlocuim produsul, dar acest lucru nu se mai întâmplă la fel de des.

Agenții economici forțează adesea piața cu produse noi, pentru a atrage clienții, dar acestea nu au neapărat performanțe atât de bune încât

să merite o nouă investiție. Telefoanele și computerele personale sunt un exemplu în acest sens. Sistemele noi de operare merg foarte bine și pe configurații bune ale unor calculatoare vechi de 2, 3 ori chiar mai mulți ani, în timp ce producătorii vin cu oferte noi mult mai des.

Cu alte cuvinte, mecatronica și modul în care ea a soluționat problema integrării prin utilizarea informației este o soluție sustenabilă, ce poate fi folosită ca sursă de inspirație și pentru alte domenii. Un astfel de transfer este deosebit de necesar deoarece revoluția informațională copleșește omul cu o cantitate mare de informație de bună calitate. Integrarea ei este o prioritate pentru buna gestionare a vieții și pentru obținerea satisfacției de a trăi armonios, ca stăpân al propriei vieți.

3.11. Legătura dintre mecatronică și stilul de viață al japonezilor

Literatura tehnică, și nu numai, este foarte bogată în explicații privind succesul industriei japoneze. În continuare se prezintă câteva considerente privind modul de viață al japonezilor și legătura cu mecatronica.

Legătura dintre mecatronică și modul de viață al japonezilor poate fi reliefată prin șase cuvinte cheie: *medie, îmbinare, curat, delicat, educație și flexibilitate* [11].

3.11.1. Media

În Europa și SUA în mod obișnuit se face împărțirea consumatorilor în funcție de venit: scăzut, mediu și ridicat (Figura 3.21.) [11].

În Japonia există o singură clasă, cea medie. Diferența dintre veniturile mici și mari nu este mare. Nu de puține ori sondajele de opinie evidențiază faptul că aproape 90% dintre japonezi cred că aparțin clasei de mijloc. Adevărul este că, în marile orașe, muncitorii japonezi locuiesc în case modeste. Mulți oameni de afaceri fac zilnic naveta cu trenul de la locuință la birou, aceasta însemnând 2-3 ore petrecute în mijlocul mulțimii de navetiști. Astfel, se pot obține informații utile privind problemele și preocupările angajaților. Japonezii fac eforturi importante pentru a obține venituri astfel încât să-și poată plăti împrumuturile pentru construcția locuințelor și taxele pentru educația copiilor. Grupul și nu individul este o problemă de principiu în Japonia, la școală și în fabrici se pune mare accent pe lucrul în echipă. Munca în echipă este o

cerință importantă pentru controlul de calitate în fabrici. Aceasta este semnificația legii mediei în Japonia [11].

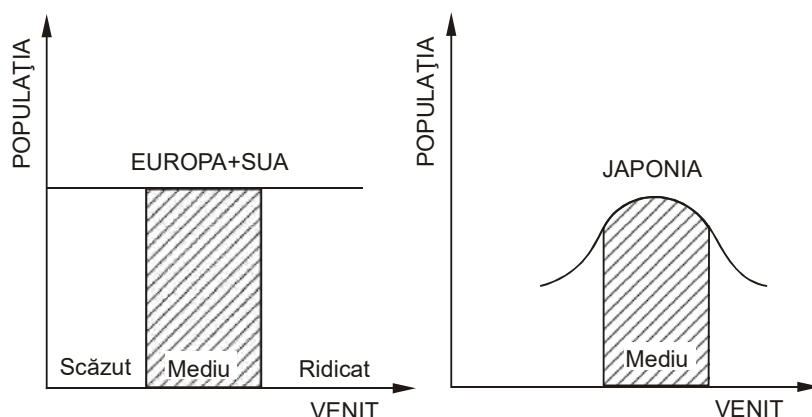


Fig. 3.21. Încadrarea populației în funcție de venit

Sigur, este de remarcat un aspect care nu este lipsit de importanță și anume: punând accentul pe munca în echipă poate fi stânjenită libertatea individuală și creativitatea.

3.11.2. Îmbinare

Limba japoneză are multe caractere comune cu limba chineză, precum și cuvinte împrumutate din limba engleză. Japonezii au importat multe elemente de cultură de la alte popoare și în timp le-au îmbinat cu elementele tradiționale ale culturii japoneze. Cultura japoneză este rezultatul fuziunii culturii tradiționale cu elemente de cultură importate.

Mecatronica este de asemenea rezultatul unei fuziuni tehnologice. Japonezii au fost adesea criticați că au copiat și imitat foarte mult, atât în domeniul cultural cât și în domeniul tehnologic. Ei recunosc acest lucru, dar subliniază că au făcut-o inteligent, creator. Progresul tehnologic al japonezilor se datorează abilității deosebite în analizarea și refacerea modelelor de referință. De fapt, ei consideră că aplicarea practică a rezultatelor cercetărilor științifice și pregătirea tehnologică pentru execuție reprezintă activități de creație cu nimic mai prejos decât descoperirile științifice și invențiile. Îmbinarea este o tehnologie creatoare.

3.11.3. Curat

Cuvântul curat este cea mai tipică expresie a spiritului japonez. Înalta calitate a circuitelor integrate fabricate de japonezi se datorează printre altele și curățeniei deosebite din secțiile de producție.

Recentele realizări în domeniul mașinilor-unelte de precizie sunt puse și pe seama faptului că prelucrarea componentelor și asamblarea se realizează în încăperi deosebit de curate. Tehnologiile de păstrare a curățeniei sunt foarte importante pentru mecatronică.

3.11.4. Delicat

Mașinile pentru tehnologiile avansate au în componența lor mecanisme de înaltă precizie, senzori adecvați, sistem de control foarte delicat și o foarte delicată interfață om-mașină. Proiectarea și fabricarea acestor mașini presupune evident multă delicatețe.

Delicatețea și sensibilitatea sunt de fapt trăsături caracteristice spiritului și culturii japoneze. Delicatețea se manifestă și în bucătăria japoneză. Gustul special al unor preparate culinare pe bază de alge nu se obține ușor, este o problemă de tehnologie și de tradiție.

Producerea acestor preparate la nivelul standardelor naționale este o delicată problemă de control a calității.

3.11.5. Educația

Nivelul mediu de educație în Japonia este mai ridicat decât în alte țări. În societatea japoneză, și în particular în marile companii, cooperarea și spiritul de echipă la nivelul mediu de inteligență este prioritară. Sistemul școlar japonez urmărește foarte pragmatic dezvoltarea economică a țării.

3.11.6. Flexibilitate

Se pot da foarte multe exemple din cultura japoneză caracterizate prin flexibilitate. Cel mai tipic exemplu de flexibilitate îl constituie însă locuințele japonezilor. Interiorul este astfel organizat încât nu este nici o problemă să se schimbe destinația camerelor (cameră de zi, cameră de studiu, dormitor).

Flexibilitatea în acțiune și gândire este trăsătura definitorie a specialistului în mecatronică.

Bibliografie

- [1] Ackoff, R., A lifetime of systems thinking, <http://thesystemsthinker.com>.
- [2] Auer, M.E., Langmann, R. (eds.) Smart Industry & Smart Education, In Proceedings of the 15th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, Springer Publishing, 2019.
- [3] Auer, M.E., Sun Kim, K., (eds.) Engineering Education for a Smart Society, World Engineering Education Forum & Global Engineering Council 2016, Springer Publishing, 2018.
- [4] Berian, S., Cercetări privind potențialul transdisciplinar al mecatronicii, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, 2010.
- [5] Berian, S., Mătieș, V., Transdisciplinaritate și Mecatronică, Editura Curtea Veche, București, 2011.
- [6] Dache, L., Cercetări privind dezvoltarea platformelor mecatronice pentru educație smart și învățare organizațională, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj Napoca, 2020.
- [7] Grimheden, M., Mechatronic Engineering Education, Doctoral Thesis, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, 2006.
- [8] Gunes, V., Peter, S., et al., A Survey on Concepts, Applications, and Challenges in Cyber-Physical Systems, KSH Transactions on Internet and Information Systems, vol.8, No.12, 2014.
- [9] Hunt, V.D., Mechatronics: Japan's Newest Threat, Chapman and Hall, New York, 1988.
- [10] Hehenberger, P., Habib, M., Bradley, D., (eds.), EcoMechatronics. Challenges for Evolution, Development and Sustainability, Springer Nature, Switzerland AG 2022, ISBN 978-3-031-07554-4.
- [11] Kajitani, M., What has brought Mechatronics into Existence in Japan?, Proceedings of the 1st France-Japan Congress of Mechatronics, Besancon, France, 1992.
- [12] Kirwan, G.Ch., Fu, Z., Smart Cities and Artificial Intelligence. Concepts, Systems for Planning Design and Operation, Elsevier, 2020.
- [13] Lăpușan, C., Cercetări privind proiectarea integrată și interfațarea sistemelor mecatronice, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca.
- [14] Mătieș, V., ș.a., Tehnologie și educație mecatronică, Ed. Todesco, Cluj-Napoca, 2001.

- [15] Mătieș,V.,ș.a., Actuatori în mecatronică, Ed.Mediamira,Cluj - Napoca,2002.
- [16] Mătieș.V.,(coord.) Platforme mecatronice pentru educație și cercetare, Ed.Todesco, Cluj- Napoca, 2009.
- [17] Mătieș,V.,(coord.),Platforma Națională de Mecatronică. Fundamentul programelor educaționale și de formare continuă în societatea cunoașterii, Editura U.T.Press, Cluj-Napoca, 2016.
- [18] Noveanu. S., Cercetări privind mecanismele compliante din sistemele mecatronice, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, 2008.
- [19] Peters, J., Van Brussel, H., Mechatronic Revolution and Engineering Education, European Journal of Mechanical Engineering, Vol. 34, Nr. 1, pp. 5-8, 1989.
- [20] Rad.C., Contribuții privind optimizarea sistemelor mecatronice de acționare pe bază de actuatori pneumatici, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, 2014.
- [21] Restian, A. Unitatea lumii și integrarea științelor. Integronică. Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1989.
- [22] Rusu, C., Contribuții privind studiul mecanismelor pentru mecatronică, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj Napoca, 2005.
- [23] Senge, M. P., A cincea disciplină – Arta și practica organizațiilor care învață, Editura Business Tech International, București, 2012.
- [24] Senge, M. P., Școli care învață. A cincea disciplină aplicată în educație, Editura TRei, București, 2016.
- [25] Szabo.F., Cercetări privind procesul de integrare în mecatronică. Teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca,2006.
- [26] Tămaș, V., Cercetări privind dezvoltarea infrastructurii specifice platformelor smart city, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, 2021.
- [27] Szabo.F., Cercetări privind procesul de integrare în mecatronică. Teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca,2006.
- [28] Vermeșan, O., Friess, P., (eds.), Internet of Things From Research and Innovation to Market Deployment, River Publishers, Aalborg, Danmark, 2014.
- [29] Vlașin,I., Cercetări privind valorificarea potențialului inovator al mecatronicii în dezvoltarea educației smart centrate pe competență, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, 2018.
- [30] Vlașin,I.,De la mecatronică la educația smart, UTPRESS, Biblioteca online, 2018.

4. Digitizarea mărimilor mecanice

Ioan Ciascai, Adelina Ilieș

4.1. Generalități

Digitizarea mărimilor mecanice presupune utilizarea unor senzori care generează în ieșire o mărime exprimată sub formă digitală. În lucrările bibliografice [3], [4] și [5] sunt descrise pe larg principiile de realizare a unei vaste categorii de senzori. În cele ce urmează este descris acest proces de digitizare pentru câteva mărimi mecanice, pentru o înțelegere facilă a acestuia.

Pentru măsurarea unei mărimi mecanice avem nevoie de un senzor. Pentru fiecare senzor se definesc trei noțiuni foarte importante: domeniul mărimii de intrare (mărimea de măsurat), caracteristica de transfer a senzorului și domeniul mărimii de ieșire. Putem măsura sau digitiza mărimea de intrare dacă cunoaștem caracteristica de transfer a senzorului. Pentru digitizarea mărimii de intrare, trebuie să obținem o valoare numerică pentru mărimea de ieșire. Dacă această mărime este de tip electric, putem obține ușor o valoare numerică a acesteia. Cu funcția de transfer putem face o corespondență între valorile numerice obținute în urma digitizării și valorile mărimii de intrare.

Dacă mărimea de ieșire este sub altă formă decât electrică, atunci avem nevoie de un senzor suplimentar care să convertească mărimea de ieșire a senzorului principal într-o mărime electrică. Valoarea numerică obținută în urma conversiei analog-numerice a mărimii electrice trebuie pusă în corespondență cu mărimea de intrare. În acest caz avem două funcții de transfer: una pentru senzorul principal și una pentru senzorul ce generează mărimea electrică funcție de mărimea de ieșire a senzorului principal.

Există situații în care mărimea de ieșire este sub forma unei durate de timp, unei frecvențe sau unui timp de propagare. În acest caz trebuie convertit cu precizie timpul sub formă numerică. În toate aceste cazuri avem nevoie de circuite suplimentare de condiționare pentru a măsura în final timpul.

Aplicațiile prezentate în cele ce urmează sunt exemple care pot sta la baza digitizării majorității mărimilor mecanice. Este acoperit, în mare parte, majoritatea tipurilor mărimilor de ieșire: tensiune, curent, timp, ieșiri binare și ieșiri digitale.

Odată obținută valoarea numerică a mărimii de intrare, aceasta trebuie transferată în module sau sisteme de condiționare, control sau stocare.

În funcție de topologia aplicațiilor datele sunt transferate prin cablu (conexiune electrică) sau prin unde electromagnetice (fibre optice sau wireless). Pentru transferul prin cablu se pot folosi interfețele seriale (RS232, RS485, I2C, SPI etc) sau paralele. Transferul de date prin unde radio se face în benzile de comunicație libere (433MHz, 868MHz sau 2,5GHz) sau pe frecvențe închiriate.

4.2. Digitizarea distanței și detecția poziției

În foarte multe aplicații este nevoie de detecția unor obiecte, indicarea prezenței sau absenței unei ținte pe o poziție predefinită, măsurarea distanței între două puncte, măsurarea cu mare precizie a poziției relative dintre obiecte etc. Pentru o parte dintre aceste situații se folosesc senzori de proximitate (binari – *on/off*). În cazul digitizării cu precizie a lungimilor (măsurate în *mm*, μm sau *nm*) se folosesc senzori optici, magnetici, cu laser, cu inducție, acustici etc. Toți acești senzori generează date ce trebuie preluate în sisteme achiziție de date. Datele achiziționate sunt prelucrate, analizate, stocate și comunicate spre alte sisteme sau pe baza lor se generează comenzile de control.

Pentru detecția poziției se folosesc senzori de proximitate. Aceștia pot fi inductivi, capacitivi, cu efect Hall, optici (cu vizare directă, reflexivi și difuzi), cu microunde, PIR (detecția radiației electromagnetice în infraroșu, emisă de ținte calde în mișcare) etc.

Toți acești senzori trebuie conectați la un modul de citire de date. O parte dintre acești senzori, cu ieșire binară sau digitală, au nevoie de componente suplimentare pentru a putea fi conectați la intrările unui sistem de control, sistem de achiziție de date sau a unui microcontroler.

Cel mai simplu caz de conectare a unui senzor la sistemele de achiziție, este cel al senzorilor cu ieșire TTL. Acești senzori se pot conecta direct la un pin de intrare al unui microcontroler (dacă sunt alimentați cu aceeași tensiune ca și microcontrolerul) sau la intrările digitale ale modulelor de achiziție de date. O conectare simplă se poate face și în cazul senzorilor cu ieșire de tip *open collector*, *open drenă* sau de tip contact conectate la masă (GND). În acest caz, un simplu rezistor de *pull-up*, conectat între tensiunea de alimentare a microcontrolerului și semnalul de ieșire, permite citirea stării logice a acestuia. Condiționarea este mai dificilă pentru ieșirile cu tranzistoare *npn* sau PMOS cu canal

indus. Și în cazul în care senzorul generează un semnal logic cu nivele de tensiune diferite de cele ale microcontrolerului, avem nevoie de circuite suplimentare de adaptare.

În funcție de prezența perturbațiilor, distanța dintre senzori și modulul de citire, trebuie luate măsuri suplimentare de protecție a intrărilor și de eliminare a perturbațiilor (îndeplinirea condițiilor de compatibilitate electromagnetică). În multe cazuri se impune izolare galvanică între senzori și modulele de achiziție de date.

Pentru aplicațiile în care trebuie să măsurăm distanța până la un obiect sau dintre două obiecte, este nevoie de senzori de distanță. Măsurarea distanței are la bază lungimea. Lungimea este unitate fundamentală în SI și se măsoară în metri [m]. În cazul obiectelor sau pieselor care execută mișcări de rotație, poziția este exprimată prin unghi. În acest caz se folosește ca unitate de măsură radianul [rad].

În cele ce urmează sunt prezentate câteva considerente legate de măsurarea distanței și deplasărilor liniare și unghiulare.

Măsurarea distanței sau a deplasării unghiulare, cu precizie mică sau medie, se poate face cu senzorii potențiometrice. *Senzorii de tip potențiomtru* sunt printre primele categorii de senzori, utilizate pentru măsurarea distanței în automatizarea proceselor industriale. Un potențiomtru bun are o precizie de 0,1%. În funcție de modul de deplasare al cursorului, senzorii de tip potențiomtru pot fi liniari sau rotativi. Senzorii de tip rotativi pot avea unghiuri de rotație mai mici de 360° sau multiplu de 360°. Din această ultimă categorie fac parte potențiometrele multitur. Acestea au unghiuri de rotație de până la 3600°.

De pe cursorul potențiometrului, față de masă, se culege o tensiune proporțională cu poziția cursorului, conform relației:

$$u_x(d) = U_{ref} \cdot \frac{d}{D} \quad (4.1)$$

unde d este deplasarea cursorului iar D este deplasarea maximă (domeniul de măsură sau capătul de scală). Din relația de mai sus putem calcula deplasarea d și valoarea mărimii măsurate:

$$d = u_x(d) \cdot \frac{D}{U_{ref}} \quad (4.2)$$

Dacă tensiunea de referință a convertorului AN este aceeași cu tensiunea de excitație a potențiometrului, se poate calcula direct deplasarea: $d = D \cdot \text{Codx} / 2^n$, unde Codx este codul de conversie, iar n este numărul de biți pe care se face conversia.

Precizăm câteva exemple de potențiometre: WS10500R1KL10, LX-PA-20-P2K-L1M, TRS075, TRS1050, TR050.

O altă modalitate de măsurare a distanței este aceea de măsurare a timpului de propagare a undelor sonore (ultrasunete) sau a undelor electromagnetice (radiație laser) între două puncte. Cunoscând viteza de propagare v a undelor și timpul de propagare t , putem calcula distanța:

$$d = v \cdot t \quad (4.3)$$

Dacă recepția semnalului se face la locul de emisie (unde sunt reflectate de obiectul până la care se măsoară distanța) distanța este jumătate din distanța calculată cu formula 4.3.

Timpii de propagare pentru undele luminoase sunt foarte mici și este nevoie de module complexe pentru măsură. De obicei se folosesc senzori dedicați ale căror date de ieșire sunt preluate în sistemele de achiziție de date. Un astfel de senzor este AMS200, care măsoară distanțe de până la 200m cu precizie de 2-3mm.

Pentru măsurarea distanței cu unde acustice, avem nevoie de un emițător și un receptor de ultrasunete. Se emite un tren de unde și se măsoară timpul până la recepția acestora. Există o mare varietate de senzori cu ultrasunete gata condiționați cu ieșire în tensiune, în curent sau digitali. Aceste tipuri de senzori au în general prețuri mari. Există în schimb senzori cu ultrasunete cu cost redus, la care utilizatorul trebuie să facă măsurarea timpului de “zbor” pentru a calcula distanța. Un exemplu în acest sens este senzorul HC-SR04. Acesta poate măsura distanțe între 2cm și 450cm, cu o precizie de 3mm. Frecvența semnalului acustic emis de este 40kHz. Există publicate nenumărate aplicații prin care se măsoară distanța cu ultrasunete folosind acest senzor.

Senzorii cu ieșire în domeniul timp (frecvență, durată, factor de umplere, timp de propagare) necesită măsurarea timpului cu precizie cât mai bună. Datorită simplității și costurilor reduse, în cele ce urmează facem câteva considerații legate de măsurarea timpului cu un microcontroler.

Microcontrolerele indiferent de tip (deoarece execută instrucțiuni cu o frecvență cunoscută) pot fi folosite cu ușurință pentru măsurarea timpului, a perioadelor și implicit a frecvenței semnalelor.

Pentru măsurarea cu precizie a timpului avem nevoie de un etalon de timp. Cel mai simplu etalon de timp, pentru sistemele cu microcontroler, se obține dacă acestea sunt pilotate de un oscilator cu cuarț. Un cuarț bun asigură o precizie de circa 0,01%. În foarte multe aplicații, o astfel de precizie este mai mult decât suficientă. Pentru precizii mai bune, este nevoie de termostatarea oscilatorului cu cuarț și alimentarea acestuia de la o sursă stabilizată, foarte bună.

Pot fi concepute o multitudine de metode de măsurare a timpului cu un microcontroler. În principiu, sunt la îndemână patru metode pentru măsurarea perioadei sau duratei unor semnale electrice cu microcontrolere: interogare (*polling*), întrerupere, de tip poartă (*gate*) și captură. Toate aceste metode asigură o precizie ridicată de măsurare a timpului. Pentru o înțelegere mai ușoară a aplicațiilor prezentate în această lucrare, care necesită măsurarea timpului, facem câteva considerații legate de aceste metode.

În cazul *metodei de interogare* se citește încontinuu starea semnalului de intrare. Eroarea de măsurare a timpului este dată de durata secvenței de test și de durata secvenței de măsurare. Pentru microcontrolerele AVR, eroarea minimă prin interogare este ± 4 cicli de ceas (se face o testare simplă).

În cazul *metodei de întrerupere*, semnalul de intrare trebuie conectat la un pin de microcontroler care generează întreruperi. Se pot folosi pinii de întrerupere externă (INT0, INT1 etc), intrarea de captură (ICP) și toți pinii microcontrolerului care generează întreruperi la schimbare stare. Eroarea de măsurare este dată de durata instrucțiunii curente ce se execută (1, 2 sau 3 cicli) și, în majoritatea cazurilor, este de minim ± 2 cicli de ceas.

Măsurarea duratei prin *metoda de tip poartă* presupune validarea numărării unui semnal cu frecvență ridicată, pe durata pe care vrem să o măsurăm. Calculul duratei se face prin înmulțirea perioadei semnalului de ceas cu numărul de incrementări ale numărătorului. Pentru a implementa această metodă cu μC AVR, avem nevoie de componente externe (o poartă și). Există microcontrolere care permit implementarea acestei metode fără componente externe (PIC16F690 și ATtiny816) [2]. Eroarea de măsurare, pentru această metodă, este ± 1 perioadă a semnalului de măsurare. Prin această metodă putem măsura perioada unor semnale, doar dacă adăugăm alte circuite externe (un bistabil D), pentru toate tipurile de microcontroler. Există microcontrolere care pot măsura cu precizie perioada și FU a unui semnal PWM.

Măsurarea prin *metoda de captură* este la fel de precisă ca și metoda de măsurare tip poartă. Eroarea de măsurare este ± 1 ciclu de ceas. Dezavantajele metodei de captură față de metoda tip poartă sunt: o durată minimă de măsurare mai mare și complexitatea mai mare a *software-ului* de aplicație. Creșterea duratei minime măsurate se datorează faptului că trebuie salvată prima valoare de captură (cea de început a măsurătorii), după care trebuie schimbat frontul de declanșare a capturii pentru sfârșit. Operația de schimbare a frontului de captură nu este necesară dacă se măsoară perioada semnalului.

La alegerea celei mai potrivite metode, trebuie ținut cont de valoarea timpului ce se măsoară (microsecunde, secunde, minute, ore etc), de modul cum se delimitează durata respectivă precum și de resursele *hardware* și *software* ale microcontrolerului folosit.

Există mulți senzori care au ca ieșire un semnal PWM. Măsurarea cu precizie a factorului de umplere, a unui semnal PWM, este mai complexă deoarece necesită măsurarea a doi timpi, față de unul în cazul măsurării perioadei sau timpului. Măsurarea prin întrerupere a factorului de umplere, presupune conectarea aceluși semnal la un pin de microcontroler care generează întreruperi. De obicei orice pin de microcontroler poate genera o întrerupere externă la schimbarea stării logice.

Măsurarea cu precizie a deplasării dintre două obiecte se face cu encoder, cu rigle optice sau rigle magnetice. Encoderele și riglele optice pot măsura distanța absolut sau relativ. Riglele optice folosite pentru măsurarea distanței absolute sunt foarte scumpe, în timp ce riglele de măsură relative sunt mai ieftine. Datele generate de riglele de măsură absolute nu sunt afectate de căderea tensiunii de alimentare, pe când cele generate de encoderele relative sunt afectate (se pierd datele referitoare la poziție). De obicei, datele generate de riglele optice și cele magnetice sunt digitale. În principiu, numărul de biți pentru riglele absolute este egal cu numărul de biți ai sistemului optic de codare. Riglele relative (optice și magnetice) și encoderele au ieșirea digitală pe doi biți. Pentru acești senzori se generează semnalul de sincronizare Z, folosit pentru fixare pe poziția de referință. Pentru riglele liniare semnalul se generează cu o anumită periodicitate (de exemplu din 50 în 50mm), iar pentru encoder la o rotație completă. Majoritatea senzorilor de poziție generează semnalele A, B și Z și semnalele complementare acestora AN, BN și ZN (se transmit semnale diferențiale pentru imunitate la zgomote). Rezoluția riglelor optice și magnetice este de ordinul micrometrilor sau zecilor de nanometri. Sunt realizate rigle de măsură pentru mai multe

lungimi (de la 200mm până la 5m). Enumerăm câteva exemple de rigle de măsură liniare și encodere: DC10-200, DC10-1800, SJ700, LC200, LS400, LF485, RB6009, RB6029 etc. Precizăm că encoderele sunt măsoară poziția unghiulară. Presentăm câteva considerente legate de măsurarea acestor tipuri de senzori cu ieșirea în cuadratură.

În figura 4.1 este prezentată evoluția în timp a semnalelor în cuadratură (*A* și *B*) pentru deplasarea înainte și înapoi (cu viteză constantă) sau rotire în sens orar (*CW*) sau anti orar (*CCW*). În figură este ilustrat și semnalul index *Z*.

Pentru preluarea semnalelor în cuadratură, în vederea stabilirii poziției măsurate, se pot folosi cu succes microcontrolere. Preluarea semnalelor în cuadratură se poate face cu un singur microcontroler, fără circuite auxiliare. Acest lucru se poate face prin alegerea unei modalități de preluare adecvată și prin elaborarea unor subrutine de preluare cu timpi de execuție foarte mici. Astfel, se pot prelua date pentru viteze de deplasare de până la 1m/s, cu rezoluție de 1 μ m. Pentru a prelua date pentru o astfel viteză, trebuie asigurat un timp de preluare mai mic de 1 μ s pentru o schimbare a stării semnalelor *A* și *B*.

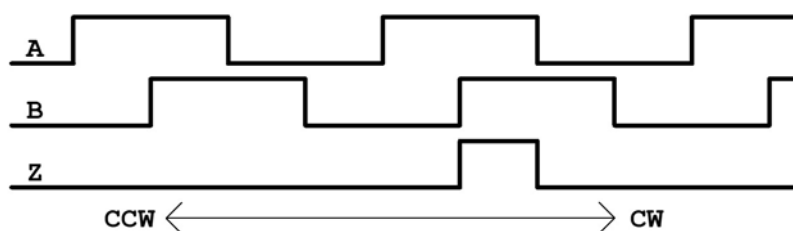


Fig. 4.1. Evoluția semnalelor în cuadratură

În vederea determinării modalității optime de preluare a semnalelor în cuadratură, prezentăm o analiză privind calculul poziției viitoare, funcție de evoluția semnalelor în cuadratură. În tabelul 4.1 este prezentată această analiză. Prin *poz++* și *poz--* am indicat faptul că poziția curentă, față de poziția precedentă, se calculează prin adunare cu 1 și respectiv prin scădere cu 1. Analiza datelor pe tranzițiile fiecărui semnal în parte (*A* și *B*) este sintetizată în tabelul 4.2. Calculul distanței sau unghiului de rotație se face prin înmulțirea variabilei *poz* cu rezoluția riglei de măsură sau a encoderului.

Din analiza tabelului 4.2 reiese simplitatea preluării datelor într-un sistem cu microcontroler, care are două intrări externe de întrerupere. Semnalele *A* și *B* se conectează la intrările de întrerupere

externă (INT0 și INT1). Acestea trebuie setate să genereze întreruperi la schimbare stare (atât pe front crescător cât și pe front descrescător).

Tabel 4.1. Determinarea poziției funcție de semnalele A și B

Stare precedentă AB	Stare actuală AB	Calcul poziție funcție de starea semnalelor
00	01	Poz--
00	10	Poz++
01	00	Poz++
01	11	Poz--
10	00	Poz--
10	11	Poz++
11	01	Poz++
11	10	Poz--

Se pot realiza subrutine ce citesc semnalele generate de senzorii cu ieșire în cuadratură care să aibă un timp de execuție sub 1μs. Subrutina trebuie scrisă în limbaj de asamblare, pentru minimizarea timpilor de execuție. Pentru frecvența maximă de generare a datelor de către senzorul RB6007 (de 300kHz) subrutinele pot citi datele fără erori.

Tabel 4.2. Analiză pe tranzițiile semnalelor A și B

Semnal care își modifică starea	Valoarea semnalului care nu se modifică	Calculul poziției după modificare
A trece din 0 în 1	B=0	Poz++
A trece din 0 în 1	B=1	Poz--
A trece din 1 în 0	B=0	Poz--
A trece din 1 în 0	B=1	Poz++
B trece din 0 în 1	A=0	Poz--
B trece din 0 în 1	A=1	Poz++
B trece din 1 în 0	A=0	Poz++
B trece din 1 în 0	A=1	Poz--

Preluarea datelor de la un encoder se poate face și pe întreruperea generată de schimbarea stării logice a semnalelor de intrare A și B. Dacă analizăm semnalele A din coloana poziție actuală și B din coloana poziție anterioară, în tabelul 4.1, constatăm că rezultatul operației logice SAU-EXCLUSIV, dintre aceste semnale specifică univoc operația ce trebuie efectuată asupra variabilei *poz* (increment pentru 1

și decrement pentru 0). Dacă analizăm coloanele B (poziție curentă) și A (poziție anterioară) observăm că trebuie să folosim funcția SAU-EXCLUSIV NEGAT.

4.3. Digitizarea vitezei, turației și accelerației

Viteza este derivata distanței în raport cu timpul. Unitatea de măsură este metru/secundă $[m/s]$. Accelerația este derivata vitezei în raport cu timpul. Aceasta se măsoară în metri/secundă la pătrat $[m/s^2]$.

Pentru mișcarea de rotație se definește viteza unghiulară, măsurată în radiani/secundă $[rad/s]$, accelerația unghiulară, măsurată în radiani/secundă la pătrat $[rad/s^2]$ și turația. Aceasta din urmă se măsoară în rotații pe minut $[rpm]$. În literatura americană se consideră că prescurtarea *rpm* vine din definiția "revoluții pe minut". Exprimarea cu precizie a turației în rotații pe secundă ar însemna să utilizăm un număr cu două cifre după virgulă. Exprimarea în *rpm* permite exprimarea cu precizie rezonabilă a turației în numere întregi.

Viteza și accelerația sunt dependente de distanță, iar accelerația poate fi exprimată în funcție de forță. Majoritatea senzorilor de distanță pot fi folosiți cu succes pentru măsurarea vitezei. Măsurând distanțele d_1 și d_2 până la obiectul care se deplasează, la două momente de timp t_1 și t_2 , se poate calcula viteza: $v = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1}$. Rezultatul calculului trebuie ajustat, conform unităților de măsură ale senzorilor de distanță. De obicei, cu această relație putem calcula o viteză medie. Dacă măsurarea distanței se poate face cu frecvență ridicată, putem calcula o viteză apropiată de viteza instantanee. Pentru calculul accelerației avem nevoie de cel puțin trei determinări ale distanței. Cu cele trei măsurători putem calcula două valori ale vitezei de deplasare. Cu cele două valori calculate pentru viteză putem determina accelerația medie: $a_m = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$.

Dacă puterea de calcul a procesorului, care preia datele de la senzorul de distanță, este mare, putem calcula în mod continuu atât viteza cât și accelerația. În acest sens se pot folosi encodere, rigle liniare (optice sau magnetice), precum și senzorii de distanță (inductivi, capacitivi, optici, magnetostrictivi etc).

Pentru măsurarea accelerației există o multitudine de senzori. O mare parte dintre acești senzori se bazează pe legea a doua a mecanicii $F = m \cdot a$. Forța de reacțiune generată de o masă seismică, ce acționează

asupra unui senzor piezoelectric, generează o sarcină electrică proporțională cu accelerația.

Există o gamă largă de senzori de accelerație integrați. Aceștia folosesc tehnologia MEMS (*Micro_Electro-Mechanical-Systems*). Senzorii MEMS sunt senzori cu structură complexă. Acești senzori, pe lângă elementul sensibil, au integrat în același *chip* (integrare pe scară largă) o întreagă structură de condiționare (circuite de condiționare și prelucrare complexă). În acest fel se obțin senzori de calitate, ușor de integrat în schemele de aplicație, mai ales cei cu ieșirea digitală. Tehnologia MEMS a permis apariția unei întregi game de senzori pentru mărimi mecanice. În baza acestei tehnologii sunt realizați: *senzori de accelerație, senzori de presiune, senzori de viteză, giroscopae, celule de sarcină, barometre* etc. Dimensiunea acestor senzori este de ordinul micrometrilor. Ei consumă puțin și au un cost redus. Domeniul senzorilor de accelerație este exprimat în g (accelerație gravitațională). Acești senzori au ieșire analogică, PWM sau digitală. Pentru preluarea datelor de la senzorii cu ieșire analogică, de cele mai multe ori, este nevoie de un convertor AN extern pe cel puțin 12 biți. Pentru senzorii cu ieșire PWM, este nevoie de implementarea unui mecanism ce măsoară durata și perioada semnalului generat de senzor. Preluarea datelor de la senzorii cu ieșire digitală este mai simplă. Cu un microcontroler se citește din senzor valoarea măsurată prin interfața implementată în senzor.

Senzorii de poziție, cum sunt senzorii de proximitate, optici și senzorii Hall, pot fi folosiți pentru măsurarea vitezei de deplasare liniară. Dacă plasăm ca repere două ținte, două obiecte sau doi magneți la o distanță cunoscută d și măsurăm timpul t în care un obiect, pe care este plasat senzorul, parcurge acea distanță, putem calcula viteza de deplasare a obiectului $v=d/t$. Ieșirea senzorului indică momentele în care obiectul trece prin dreptul celor două repere. Cu un microcontroler se poate măsura timpul cu precizie. Se pot imagina și alte moduri de amplasare a componentelor. Dacă avem cel puțin trei sau patru ținte putem calcula accelerația.

Senzorii optici, senzorii *Hall*, senzorii capacitivi sau senzorii inductivi pot fi folosiți pentru măsurarea vitezei unghiulare.

Exemplificăm măsurarea turației unui mecanism cu un senzor format dintr-un led și un fototranzistor. Mecanismul este acționat printr-un motor de curent continuu, a cărui turație este comandată prin variația factorului de umplere al semnalului de comandă. Schema de aplicație este prezentată în figura 4.2. În figură este schițat senzorul optic și discul de detecție necesar pentru măsurarea turației. Discul de detecție are un

număr de găuri. Semnalul generat în ieșirea fototranzistorului are formă trapezoidală. Pentru măsurarea turațiilor mici se folosește un număr mai mare de găuri. Găurile trebuie realizate cu precizie, la distanțe egale pe disc. Pentru turații mari de 1000rpm, este preferabilă măsurarea duratei pentru o rotație completă a discului.

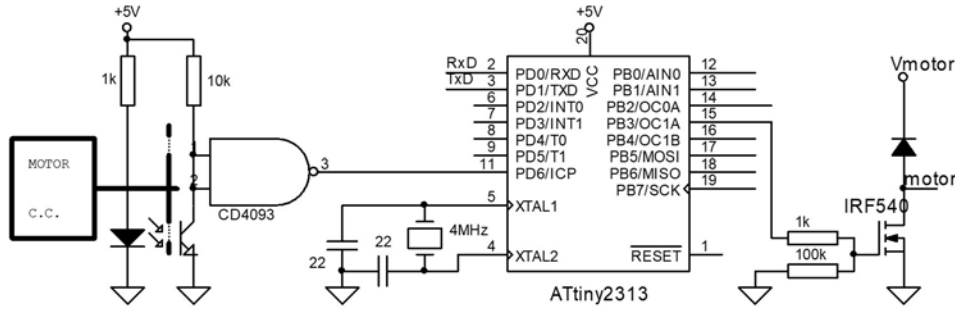


Fig. 4.2. Digitizarea turației cu fototranzistor

Senzorul optic este realizat cu ajutorul unui LED și a unui fototranzistor. Intensitatea luminoasă care cade pe fototranzistor are o variație sinusoidală aplatizată. La viteze de rotație mici, tensiunea din colectorul fototranzistorului are și ea o variație mică, mai ales în jurul pragului de comutație. Acest fapt ar putea genera comutări multiple, ceea ce ar duce la apariția erorilor. Pentru eliminarea acestui neajuns s-a inclus în schemă o poartă cu histerezis pe intrare (poarta SI-NU *trigger* CD4093). Presupunând că discul are 36 de găuri și perioada semnalului din ieșirea *trigger*-ului este de 2350μs, putem calcula turația motorului:

$$T = \frac{60}{n_G \cdot T_s} = \frac{60}{n_G \cdot T_{ck} \cdot n_x} = \frac{60 \cdot f_{ck}}{n_G} / n_x [rpm] \quad (4.4)$$

unde T este turația în rotații pe minut, n_G numărul de găuri, T_s perioada semnalului de ieșire (timpul măsurat între două găuri succesive, f_{ck} este frecvența semnalului din intrarea numărătorului cu perioadă T_{ck} , iar n_x este numărul cu cât a evoluat numărătorul într-o perioadă semnalului de intrare. Pentru determinarea turației se face o singură operație de împărțire: $6666667/n_x = 6666667/9400 = 709\text{RPM}$. Valoarea 6666667 se obține din produsul $60 \cdot \frac{f_{ck}}{n_G} = 60 \cdot 4 \cdot 10^6 / 36 = 6666667$, iar 9400 reprezintă numărul de impulsuri de ceas n_x numărate într-o perioadă a semnalului măsurat (numărătorul are pe intrare 4MHz).

În locul senzorului optic putem folosi unul sau mai mulți magneți cilindrici și un senzor Hall. Magneții se plasează pe disc iar senzorul Hall se plasează pe un suport fix, în apropierea cercului pe care se rotesc magneții. Dacă senzorul Hall este unipolar trebuie să avem grijă cum montăm magneții pe disc (cu aceeași orientare). Relațiile pentru calculul turației sunt aceleași. În locul numărului de găuri vom avea numărul de magneți. În cazul în care distanțele dintre găuri nu sunt perfect egale putem avea erori de măsură. Pentru reducerea acestor erori se pot face măsurători pe mai multe perioade a semnalului generat de fototranzistor sau pentru o rotație completă. În acest caz este nevoie de adaptarea formulei 4.4.

Pentru măsurarea turațiilor mici și foarte mici, se poate cupla la arborele motorului un encoder. Dacă encoderul are 1000 de impulsuri putem măsura, cu precizie, turații de ordinul a 0,1rpm.

Schema pentru măsurarea turației cu encoderul E6B2-CWZ6C este prezentată în figura 4.3.

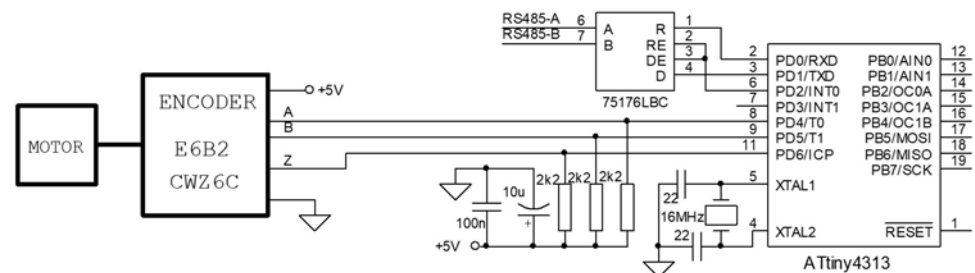


Fig. 4.3. Digitizarea turației cu encoder prin numărare

Acest encoder poate fi alimentat cu tensiune între +5V și 24V. Cele trei ieșiri A, B și Z sunt de tip open collector, așa că avem nevoie de rezistoare de *pull-up* (2,2kΩ) pentru a putea citi starea de 1 logic. Cablul de conexiune a encoderului are 1,5m lungime, deci circuitul de măsură trebuie plasat în apropierea encoderului. Cu un encoder, cuplat la rotorul motorului, putem măsura turația în mai multe moduri.

Cel mai simplu mod de măsură a turației este conectarea uneia dintre ieșirile A sau B la intrarea unui numărător. Numărând impulsurile pentru semnalul A sau B (n_x) pe durata unei secunde putem calcula turația:

$$T = 60 \cdot f_r = \frac{60 \cdot n_x}{n_t} = \frac{60 \cdot n_x}{2000} = 0,03 \cdot n_x [rpm] \quad (4.5)$$

unde f_r este frecvența de rotație, n_x este numărul de impulsuri măsurat pe secundă, iar n_l este numărul de impulsuri generate de encoder pentru o rotație completă (2000 în relația 4.5). În schema data, putem număra impulsurile ieșirii B cu numărătorul TCNT1 din microcontrolerul ATtiny4213. Dacă într-o secundă sunt numărate 273 de impulsuri avem o turație de 8,19rpm. Turația minima măsurată cu acest encoder este 0,03rpm. Pentru turații mai mari de 1966rpm, trebuie să gestionăm depășirile de numărare.

Pentru măsurarea turației putem folosi semnalul index Z. Acesta este generat pentru o rotație completă a encoderului. Măsurarea duratei între două impulsuri Z se face prin captură. Știind această durată se poate calcula turația:

$$T = 60/T_r = \frac{60}{n_x \cdot T_{ck}} = \frac{60 \cdot f_{ck}}{n_x} = 3750000/n_x [rpm] \quad (4.6)$$

unde T_r este perioada de rotație, n_x este numărul de impulsuri numărat de TCNT1, în perioada dintre două impulsuri Z consecutive, cu o frecvență de ceas de 62,5KHz (se obține din 4MHz prin divizare cu 64). Pentru incrementarea numărătorului TCNT1 cu 2000 valori, se obține turația de 1875rpm. Rezoluția de măsură nu este constantă pe domeniul de măsură. Pentru valori în numărător, în jur de 2000, rezoluția este de aproximativ 1rpm. În exemplu de calcul de mai sus am folosit frecvența de 4MHz pentru pilotarea microcontrolerului.

4.4. Digitizarea forței, greutății și presiunii

Forța este o mărime fizică vectorială, caracterizată de intensitate și direcție, care exprimă cantitativ acțiunea pe care o exercită asupra unui obiect (modificare de viteză, direcție sau formă). În SI, unitatea de măsură pentru forță este Newton [N]. Acesta este definit ca forța necesară pentru a imprima unei mase de 1kg o accelerație de 1m/s² ($1N = 1kg \cdot m/s^2$).

Presiunea este o mărime fizică scalară, definită prin raportul dintre forța aplicată și suprafața pe care este aplicată (direcția forței fiind perpendiculară pe suprafața considerată) ($P = F/S$). În SI, unitatea de măsură este Pascalul [Pa] ($1Pa = 1Nm/m^2$). Deoarece o presiune de 1Pa reprezintă o presiune foarte mică, se folosește de obicei kPa, hPa sau barul (1bar=10⁵Pa=1hPa). Presiunea este exprimată și cu alte unități de măsură, cum sunt: milimetri coloană de mercur [mmHg], milimetri

coloană de apă [mmH₂O], centimetri coloană de apă [cmH₂O], atmosferă tehnică [at] (1at=1kgf/cm²), atmosferă fizică [atm] (1atm = 760mmHg = 101325Pa) etc.

Pentru măsurarea forței se pot folosi mai multe metode de măsură, dintre care amintim: balansarea forței necunoscute în comparație cu forța gravitațională care acționează asupra unei mase standard, măsurarea accelerației unei mase cunoscute asupra căreia acționează forța necunoscută, balansarea forței necunoscute în comparație cu o forță electromagnetică cunoscută, convertirea forței în presiune și măsurarea presiunii, măsurarea efortului produs într-o membrană elastică de forța necunoscută etc [4].

Senzorii de forță se împart în două categorii: calitativi și cantitativi. Senzorii calitativi indică dacă forța aplicată este conform specificațiilor tehnice sau neconformă. Senzorii cantitativi măsoară forța și generează un semnal (electric) proporțional cu forța.

Dintre cei mai cunoscuți senzori folosiți pentru măsurarea forței și mărimilor derivate sunt: senzorii piezoelectrice, LVDT, piezorezistivi, timbrele sau mărcile tensiometrice, celulele de sarcină, MEMS capacitivi și piezorezistivi, senzorii cu coardă vibrantă etc.

Pentru măsurarea forțelor și presiunilor, în majoritatea cazurilor, se utilizează o combinație de senzori. Un senzor măsoară o mărime intermediară (de exemplu deplasarea), iar celălalt echilibrează mărimea măsurată și generează mărimea intermediară. De exemplu, un *senzor tensometric* (timbru tensometric) poate măsura deplasări foarte mici, dar nu poate prelua forțe mari. Acest senzor se folosește combinat cu un element elastic, capabil să preia forța ce se măsoară. Senzorul se fixează rigid de elementul elastic în așa fel ca, deformările elementului elastic să fie transmise sensorului. Se obține un senzor combinat a cărui sensibilitate este dată, atât de caracteristicile sensorului tensometric, cât și de cele ale elementului elastic. Pentru presiune se folosesc elemente mecanice (arcuri, membrane elastice plane, gofrate sau sferice, tuburi Bourdon etc), pentru acționarea unui senzor de tip electric (timbre tensometrice, senzori inductivi, senzori capacitivi, senzori piezorezistivi, senzori piezoelectrice etc). Semnalul generat de senzor este în corelație cu proprietățile sale și ale lanțului mecanic. Acest lanț întreg (mecanic și electric) determină caracteristicile sensorului. Pe acest principiu sunt realizate o serie întreagă de senzori de presiune.

Folosirea unui singur timbru tensometric este practică în tensometrie, pentru determinarea unor caracteristici de material, cum ar fi rezistența la rupere. Folosirea a doi senzori piezorezistivi (montaj în

semipunte) sau patru (montaj în punte completă) permite măsurarea cu precizie a mai multor mărimi mecanice. Astfel, avem senzori de deformății unitare, senzori piezorezistivi de forță, senzori de efort unitar, senzori de cuplu, senzori de presiune totală, senzori de presiune interstițială etc. Pentru măsurarea greutateii se folosesc celulele de sarcină. Acestea au la baza senzori piezorezistivi. Ele permit măsurarea unor greutăți de la miligrame până la zeci de tone. Sensibilitatea celulelor de sarcină, funcție de domeniul de măsură (FS – *full-scale*), este de aproximativ 2mV/V/FS . În general senzorii în punte sunt conectați la circuitul de măsură prin 4 fire. În cazul conexiunii cu 6 fire, punctul de condiționare poate fi amplasat la distanță de locul de plasare al senzorului (1km). Pentru condiționarea senzorilor piezorezistivi, semnalul generat de aceștia trebuie amplificat cu peste 40dB, iar conversia analog numerică trebuie să se facă pe cel puțin 12 biți. Celulele de sarcină de precizie sunt compensate termic.

Măsurarea celulelor de sarcină, mai ales a celor capacitive, este dificilă. Trebuie folosite amplificatoare de instrumentație cu *offset* redus, convertoare de precizie cu amplificare reglabilă sau circuite specializate (HX711, MLX90320 [3] etc). Unii producători oferă module pentru măsurarea acestor senzori. Aceste module permit accesul la formatul digital al datelor.

Semnalul generat de senzorii piezorezistivi este foarte mic (de ordinul mV/V/FS). Acest semnal trebuie amplificat pentru a putea fi convertit în format digital. Spre exemplu, senzorul HLC-B1 are sensibilitatea S_e de $1,98\text{mV/V/1,1t}$ [3]. Pentru a obține o rezoluție de 1kg (în domeniul de măsurare de $1,1\text{t}=1100\text{kg}$) cu un convertor pe 12 biți și o referință de tensiune oarecare (folosită și pentru excitarea senzorului), semnalul trebuie amplificat de aproximativ 135 de ori: $A=1100/(1,98\cdot 10^{-3}\cdot 4096)=135,6$. Pentru domeniul maxim (FS), trebuie să obținem codul de conversie 1100 ($1100=S_e\cdot V_{ref}FS\cdot A\cdot 2^{12}/(V_{ref}FS)$). Dacă tensiunea aplicată senzorului este de două ori mai mare decât tensiunea de referință, pentru aceeași rezoluție, amplificarea se poate reduce la jumătate. Pentru a crește amplitudinea semnalului generat de senzorii piezorezistivi, excitarea se face cu tensiune mare.

O problemă importantă a senzorilor în punte este liniaritatea tensiunii de ieșire. Ca orice divizor rezistiv, montajul de tip punte poate introduce neliniarități. Din cele cinci variante de montaje în punte de tip rezistiv doar montajul în semipunte sau în punte completă au ieșirea liniară [10].

Amplificarea semnalelor de ieșire din punte cu amplificatoare diferențiale poate induce erori, datorită impedanței mici de intrare, comparabilă cu rezistențele din punte ($350\Omega - 1000\Omega$) și amplificării dependente de rezistențele de ieșire ale punții. O schemă cu performanțe bune se obține în cazul utilizării unui amplificator de instrumentație. În figura 4.4 este prezentată o schemă pentru cântărire automată cu o celulă de sarcină. Amplificarea semnalului generat de celula de sarcină se face cu amplificatorul de instrumentație INA114 [6]. Pentru o valoare a rezistorului R_g de 375Ω amplificarea este 134,333.

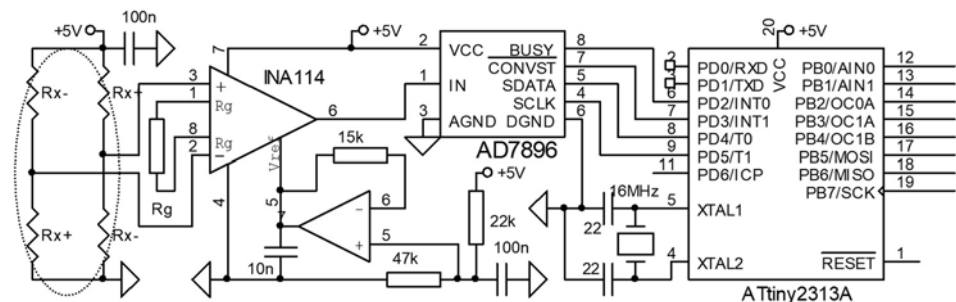


Fig. 4.4. Schema pentru digitizarea greutății cu AI

Conversia AN pe 12 biți se face, cu circuitul AD7896 [3]. Referința amplificatorului de instrumentație este de 3,4V, obținută cu un divizor rezistiv și un AO. Celula de sarcină este astfel conectată încât să genereze, în ieșirea AI, o tensiune negativă față de referința de 3,4V. Rezerva de tensiune de 0,6V este suficientă pentru eventualele erori de nul ale senzorului. Tensiunea maximă din ieșirea AI este de aproximativ 4V. Din domeniul de 5V al convertorului se folosește aproximativ 3/5. Pe schemă se pot adăuga: un afișaj LCD, butoane pentru setări și comanda unui robinet electromagnetic pentru dozare automată. Presupunând un senzor cu sensibilitatea de $1,98\text{mV/V/1,1t}$, pentru o sarcină de 1,1t, tensiunea în ieșirea AI variază cu 1,33V ($1,98 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 134,333$). Pentru domeniul de măsură se obțin 1078 valori, ceea ce corespunde unei rezoluții de aproximativ 1kg (1,02kg). Rezoluția de măsură crește semnificativ dacă conversia analog-numerică se face pe cel puțin 16 biți. Schema poate fi interconectată prin intermediul semnalelor RxD și TxD.

O schemă mai simplă se obține dacă convertorul AN are amplificare internă. O astfel de schemă este prezentată în figura 4.5. Tensiunea de alimentare de 5V se folosește ca tensiune de excitație pentru punte. Semnalul cules de la ieșirea din punte este aplicat canalului de intrare al convertorului AD7715. Convertorul trebuie setat pentru

măsurare diferențială. De asemenea, trebuie setată o amplificare de 32 sau 128 de ori. Facem precizarea că, pentru o conversie AN de precizie cu acest convertor, este nevoie de setare frecvenței de ceas corespunzătoare rejecției frecvenței de 50Hz (60Hz pentru America, Japonia, Coreea de sud etc).

Codul obținut în urma conversiei este direct proporțional cu mărimea măsurată. Presupunem că folosim senzorul PXS409-05GV. Acest senzor măsoară presiunea pentru domeniul de 50PSI. Senzorul are tensiunea de ieșire de 50mV pentru presiunea de 50PSI, dacă tensiunea de alimentare a punții este de 5V. Precizia acestui senzor este de $\pm 0,08\%$. Rezistența de intrare și de ieșire este de 5000Ω , cu toleranță de $\pm 20\%$. Pentru a realiza o conversie de precizie, trebuie să amplificăm semnalul din ieșirea senzorului. Dacă amplificăm cu 32, nivelul semnalului la intrarea convertorului este de 1600mV. Folosim circa o treime din domeniul de intrare al convertorului. Putem obține o rezoluție mai bună dacă semnalul este amplificat cu 128.

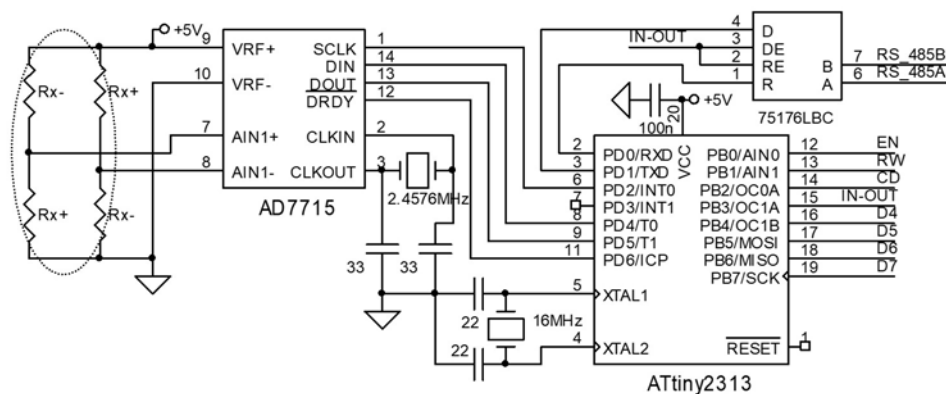


Fig. 4.5. Digitizarea senzorilor piezorezistivi cu AD7715

Din datele de catalog ale convertorului reiese că nu se obțin performanțe în plus, legate de precizia de conversie, dacă folosim amplificarea de 128. Pentru amplificare de 128 avem conversie pe 14 biți. În acest caz, determinarea mărimii măsurate se face raportat la domeniul maxim. Pentru o presiune de 50PSI se obține în ieșire un semnal de 50mV. După amplificare cu 32 și conversie pe 16 biți, se obține codul 20972 ($50\text{mV} \cdot 32 \cdot 2^{16} / 5\text{V}$). Raportat la acest cod calculăm presiunea de intrare. De exemplu, pentru presiunea de 10PSI obținem codul de conversie de 4194 ($10\text{mV} \cdot 32 \cdot 2^{16} / 5\text{V}$). Presiunea se calculează cu relația:

$$P_X = 4194 \cdot \frac{50000}{20972} = 9999mPSI \quad (4.7)$$

Microcontrolerul folosit în această aplicație poate fi conectat la un sistem de achiziție de date sau control prin intermediul interfeței RS485.

Există senzori rațiometrici pentru forță sau presiune, la care tensiunea de ieșire este proporțională cu tensiunea de alimentare. Senzori cu ieșire rațiometrică în tensiune, alimentați cu $5V \pm 5\%$, au domeniul tensiunii de ieșire cuprins între 10% și 90% din tensiunea de alimentare, iar cei alimentați cu tensiune redusă (3V... 3,6V) au domeniul de ieșire între 20% și 80% din tensiunea de alimentare. Avantajul senzorilor cu ieșire rațiometrică în tensiune este acela că nu necesită o referință de tensiune de precizie pentru conversia AN. Relația de dependență dintre mărimea de intrare și tensiunea de ieșire este dată în procente, fiind raportată la tensiunea de alimentare. Pentru mulți senzori, relația de calcul a tensiunii de ieșire are următoarea formă:

$$V_{out} = \frac{0,8 \cdot V_{alimentare}}{M_{domeniu}} \cdot M_{intrare} + 0,1 \cdot V_{alimentare} \quad (4.8)$$

De exemplu, senzorul de forță FSAGPNXX025WCAA5 este alimentat la 5V, măsoară forța pentru un domeniu de 25N și are ieșire analogică în tensiune (80% din valoarea tensiunii de alimentare) [3]. Legat de faptul că excursia tensiunii de ieșire a acestor senzori nu este egală cu tensiunea de alimentare (80% pentru senzorii alimentați cu 5V și 60% pentru cei alimentați cu tensiune în domeniul 3V ... 3,6V) facem următoarele precizări. Pentru determinarea rezoluției de măsurare și a preciziei, trebuie să ținem seama că se folosește doar o parte din domeniul de intrare al convertorului (și anume, 80% și respectiv 60%). Tensiunea de alimentare a sistemului cu microcontroler se folosește atât ca tensiune de referință pentru convertor, cât și pentru alimentarea senzorului.

Pentru senzorii de presiune cu ieșirea analogică avem nevoie de o referință de tensiune pentru conversia AN. În funcție de precizia de conversie cerută, se alege această referință. Pentru aplicații, la care precizia și rezoluția necesare sunt mai mici, se poate folosi convertorul AN din structura microcontrolerului.

4.5. Digitizarea nivelului și debitului

Nivelul, ca și lungimea, se măsoară în metri [**m**]. În activitățile industriale automatizate, cunoașterea nivelului lichidelor este foarte importantă. În acest scop se folosesc *senzori de nivel*. Există mai multe principii care stau la baza funcționării acestor senzori. Astfel, avem senzori de nivel cu plutitor și potențiomtru, capacitivi, optici, *reed*, cu ultrasunete, piezorezistivi, inductivi, magnetici, cu efect Hall, cu presiune diferențială etc. Ieșirea acestor senzori poate fi analogică, digitală sau binară. În situațiile în care trebuie apreciat dacă nivelul are o anumită valoare prestabilită, se folosesc senzorii cu ieșire binară. Dacă trebuie să apreciem nivelul cu mai multe repere (nivel minim, nivel maxim etc) se folosesc doi sau mai mulți senzori binari. Dacă însă nivelul trebuie măsurat cu o anumită rezoluție se folosesc senzori cu ieșire analogică sau digitală.

În aplicații, în care este nevoie de măsurarea nivelului cu rezoluție redusă, se pot folosi senzori *reed*, senzori Hall sau de proximitate. Prin citirea stării ieșirilor acestor senzori (de obicei doar un singur senzor este activ) se poate aproxima nivelul lichidului. În funcție de numărul de senzori se proiectează schema de aplicație.

Dacă numărul senzorilor este mai mare decât numărul de intrări disponibile în blocul de intrare, se poate face citirea prin multiplexare. O altă modalitate de citire a senzorilor cu ieșire binară, care simplifică schemele de aplicație, este aceea de a utiliza circuitele care realizează conversia serie-paralel. Din această categorie fac parte circuitele PCF8574 și PCF8574A (pe 8 biți) sau MCP23017 și MCP23S17 (pe 16 biți). Acestea se conectează la microcontroler prin interfața I2C (MCP23S17 are interfață SPI). Circuitele PCF8574 și PCF8574A au trei semnale de selecție hard (A2, A1 și A0). Putem conecta, pe aceeași interfață I2C, 16 astfel de circuite care permit citirea a 128 semnale de intrare. Schimbarea stării acestor intrări poate fi semnalizată microcontrolerului prin semnalele INT, generate de aceste circuite. Dacă în microcontroler este implementat un protocol de comunicație, datele citite pot fi transferate, pe interfața RS485, la un calculator de proces sau de stocare a datelor. Se pot realiza module de citire a câte 8 senzori, cu circuitul PCF8574 sau PCF8574A. În funcție de numărul de senzori, se folosesc unu sau mai multe astfel de module.

Un alt tip de *senzor*, ce poate fi folosit pentru măsurarea nivelului,

se poate realiza cu un plutitor și un potențiomtru. Plutitorul acționează cursorul potențiometrului astfel încât, valoarea semnalului din ieșirea potențiometrului este proporțional cu nivelul lichidului. Deoarece, pentru acționarea cursorului este nevoie de o forță mecanică, forță dependentă de deplasare, adâncimea de cufundare a plutitorului în lichid variază cu deplasarea. Potențiometrul măsoară poziția plutitorului. Pentru o măsurare precisă a nivelului, trebuie să determinăm relația de dependență dintre poziția plutitorului și nivelul lichidului.

Formula de corecție, care face legătura între mărimea măsurată Δx și variația nivelului ΔH , se deduce din relația următoare.

$$\Delta H = \Delta x \cdot \left(1 + \frac{K}{\rho \cdot g \cdot S} \right) \quad (4.9)$$

Factorul de corecție are o valoare cu atât mai apropiată de unitate cu cât aria secțiunii plutitorului S este mai mare și cu cât constanta elastică K este mai mică. Pentru o precizie de măsură foarte bună, vom ține seama de altitudinea la care se fac măsurătorile și de temperatura lichidului, deoarece factorul de corecție mai depinde de accelerația gravitațională g și de densitatea lichidului ρ (dependentă de temperatura lichidului). Dacă folosim un plutitor cu diametru de 100mm și un potențiomtru cu constantă elastică de 5,4N/m, obținem un factorului de corecție de 1,07. Dacă alimentăm potențiomtru cu tensiunea de referință a convertorului AN, este foarte simplu să determinăm deplasarea Δx . În majoritatea cazurilor este suficientă conversia AN pe 12 biți. În calculul variației nivelului ΔH trebuie să ținem cont de factorul de corecție.

O altă modalitate, pentru măsurarea nivelului, folosește senzori de nivel cu imersie și ieșire în curent (*semnal unificat*). Acești senzori folosesc presiune hidrostatică diferențială pentru măsurarea înălțimii coloanei de apă [3]. În lichid, la adâncimea h , presiunea absolută este egală cu produsul $\rho \cdot g \cdot h$, la care se adaugă presiunea atmosferică. Cablul de conectare al senzorului este prevăzut cu un tub flexibil prin care presiunea de la suprafață este transmisă senzorului cufundat la adâncimea h , pentru măsurarea diferenței dintre presiunea absolută și presiunea atmosferică de la suprafața lichidului. De obicei, acești senzori sunt etalonați pentru apă și au ieșirea în curent (domeniul 4 ÷ 20mA). Ieșirea în curent permite plasarea modulului de măsură la distanță față de senzor. În majoritatea cazurilor, există distanțe considerabile între locul în care este plasat senzorul de nivel și punctul de măsură. În

situațiile în care, măsurarea nivelului se face la înălțimi mari (acelerație gravitațională redusă) se fac corecții asupra valorilor măsurate de senzor. Nivelul poate fi măsurat cu ultrasunete sau microunde. Pentru măsurarea nivelului cu ultrasunete sunt valabile aceleași considerații expuse la măsurarea distanței.

Debitul este o mărime fizică foarte importantă, atât pentru activitățile industriale cât și pentru cele comerciale. Acesta se definește ca fiind cantitatea de substanță solidă, lichidă sau gazoasă care trece printr-o secțiune oarecare în unitatea de timp. În practică avem definite două categorii de debite și anume: debite volumetrice și debite masice. *Debitul volumetric*, de obicei notat Q_v , se măsoară în m^3/s și exprimă volumul de fluid scurs în unitatea de timp. În practică întâlnim și alte unități de măsură: m^3/h , l/s , l/min , l/h . *Debitul masic* Q_m , măsurat în kg/s , exprimă masa de fluid scursă în unitatea de timp. Alte unități de măsură pentru debitul masic sunt: kg/s , kg/h , t/h etc. Între cele două tipuri de debite se poate scrie relația $Q_m = \rho \cdot Q_v$, unde ρ reprezintă densitatea fluidului.

Pentru măsurarea debitelor se folosesc *senzorii de debit*. Datorită necesităților de contorizare a fluidelor energetice, și nu numai, pentru măsurarea debitului au fost creați o multitudine de senzori. Sunt situații în care debitul nu poate fi măsurat cu un senzor. El se determină indirect. Spre exemplu, în cazul măsurării debitelor râurilor se realizează o secțiune de trecere a apei cu dimensiuni cunoscute. Prin măsurarea înălțimii apei prin zona respectivă se poate afla aria secțiunii de curgere S . Prin măsurarea vitezei medii de curgere v_m se poate calcula debitul: $D = v_m \cdot S$ [m^3/s].

În ceea ce privește măsurarea debitelor mici, modul de măsurare este diferit. În cazul măsurării debitelor din precipitații se folosește un *pluviometru*. Acesta folosește o balanță de cântărire cu două cupe. Apa de ploaie este captată printr-o secțiune cunoscută. De aici, apa este dirijată către una din cele două cupe cu volum cunoscut. În momentul în care una din cupe este umplută, balanța își modifică poziția de echilibru. Cupa plină se golește și apa de ploaie începe să umple a doua cupă (cea goală anterior basculării). Un magnet montat pe brațul balanței acționează un senzor *reed* [3]. La fiecare basculare senzorul *reed* este acționat. Suprafața de captare a ploii și volumul celor două cupe este astfel ales încât, prin numărarea impulsurilor și ponderarea lor cu constanta pluviometrului, obținem cantitatea de precipitații pe m^2 . Dacă numărarea se face pe durata unei zile obținem cantitatea de precipitații pe zi.

Pentru măsurarea cu precizie a debitelor din conducte (lichide sau gaze) în măsurătorile practice se folosesc debitmetre, aparate complexe care măsoară anumite tipuri de fluide (apă, produse petroliere, produse chimice, gaze, minereuri etc) [4]. Există mai multe tipuri de debitmetre, dintre care amintim: debitmetre termice, debitmetre cu ultrasunete, debitmetre *Doppler*, debitmetre electromagnetice, debitmetre cu presiune diferențială, debitmetre *Coriolis*, debitmetre *Vortex* etc. Acestea sunt produse gata etalonate și pot fi integrate ușor într-un sistem de măsurare. Unele debitmetre au ieșirile în tensiune sau curent, semnal unificat. Măsurarea lor este similară cu măsurarea tensiunii sau curentului. Celelalte pot fi citite direct.

Există senzorii de debit cu ieșire în impulsuri (electrice). Pentru această categorie de senzori cu ieșirea în impulsuri, mărimea de intrare se calculează fie ca număr de impulsuri raportat la o durată de timp (debit), fie prin însumarea numărului de impulsuri (cantitate de precipitații, volumul de apă, volumul de gaz etc). Pentru fiecare dintre acești senzori numărul de impulsuri în unitatea de timp este proporțional cu valoarea mărimii măsurate. În general se lucrează cu valori medii ale mărimii de intrare. Pentru acest tip de senzori, durata impulsului nu afectează calculele pentru determinarea mărimii de ieșire. Ea trebuie să aibă astfel de valori încât să nu genereze erori de măsură. Impulsurile de măsură pot avea o durată fixă sau pot avea o durată proporțională cu valoarea mărimii măsurate. Facem precizarea că, multe contoare mecanice de fluide pot fi transformate în contoare cu ieșirea în impulsuri, prin fixarea unui magnet pe una din roțițele mecanismului de afișare a volumului. În plus, trebuie montat un senzor Hall sau *reed* în apropierea roțiței astfel încât, la o rotație completă, să genereze un impuls. În funcție de roțița pe care se montează magnetul, putem avea impulsuri la 1l, 10l, 100l, 1m³ etc.

Prezentăm o aplicație de măsurare a debitului și cantității de lichid folosind un debitmetru de tipul YF-S201 [3]. Acest debitmetru pentru lichide are: ieșirea în impulsuri (un puls reprezintă circa 2,25ml), o precizie de $\pm 10\%$, alimentare între +5V și +18V DC, temperatură de lucru de la -25°C la +80°C, presiune maximă de 2Mpa și durata de funcționare de 300000 cicluri. Viteza de deplasare a lichidului este transformată în impulsuri cu ajutorul unei elice, a unui magnet și a unui senzor Hall. La trecerea prin senzor a unui litru de lichid se generează 450 de pulsuri. Pentru o funcționare corectă, montajul debitmetrului trebuie astfel realizat, încât secțiunea în care se află elicea să fie complet imersată în lichid (montaj de tip sifon).

Schema de măsurare a debitului este prezentată în figura 4.6. Aceasta conține senzorul de debit, microcontrolerul ATtiny2313, circuit PCF8535 pentru ceasul de timp real (RTC), o memorie EEPROM pentru stocarea datelor și circuitul 75LBC176 pentru comunicație pe interfața RS485.

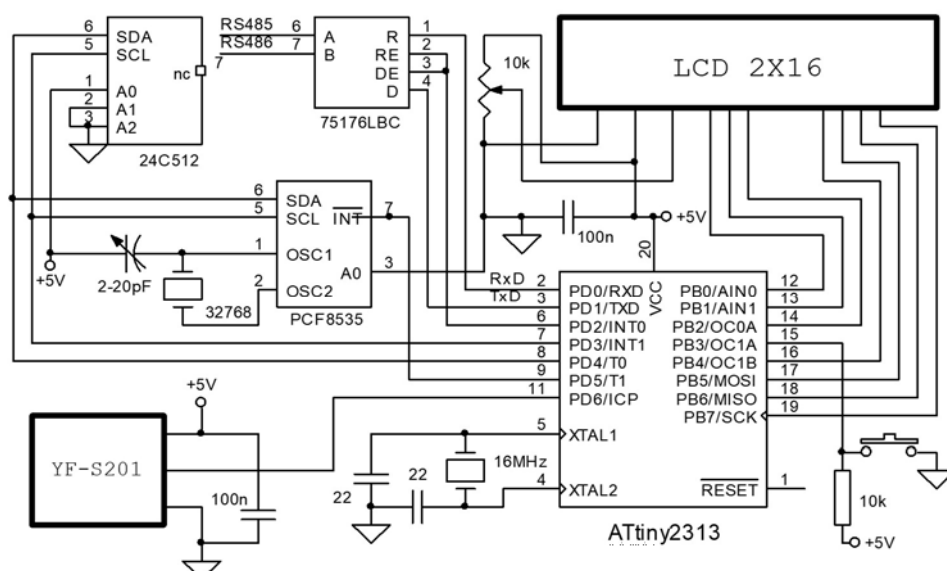


Fig. 4.6. Digitizarea debitului cu senzor cu pale

Debitul măsurat se afișează local pe LCD sau poate fi transmis pe interfața RS485, spre un calculator de proces. Schema permite, prin însumare, să se determine și cantitatea de lichid ce trece prin senzor într-o durată de timp specificată. Deoarece, prin captură se măsoară foarte exact timpul, se poate determina debitul prin măsurarea fiecărei perioade a impulsurilor generate de senzor. Frecvența maximă a impulsurilor generate de senzorul YF-S201 este de 225Hz. Se poate concepe o organigramă a programului de aplicație care să permită determinarea continuă a debitului, precum și numărarea fiecărui impuls pentru determinarea volumului de lichid ce a fost transferat prin conductă. Dacă folosim o variabilă de tip *long* (32 de biți) pentru contorizarea volumului de lichid, putem număra 4294967295 impulsuri, ceea ce este echivalent cu 9544371 litri. Aceasta valoare corespunde curgerii debitului maxim de 30l/min în 220 zile.

Există debitmetre cu pale (elice) la care rotorul este conectat la un encoder. În acest mod se pot măsura debite foarte mici. Dacă luăm cazul

debitmetrului precedent și un encoder cu 500 impulsuri/rotație, putem detecta un volum de lichid mai mic de 0,0045ml. Pentru astfel de rezoluții este nevoie de un debitmetru cu precizie mult mai bună.

4.6. Digitizarea temperaturii

Există o multitudine de tipuri de senzori de temperatură. Aceștia au la baza mai multe principii de funcționare: variația rezistenței electrice cu temperatura, generarea unei tensiuni termoelectromotoare, variația tensiunii de polarizare a unei joncțiuni semiconductoare cu temperatura, emisia de radiație electromagnetică (în domeniul infraroșu), modificarea dimensiunilor geometrice ale corpurilor cu temperatura etc. În cele ce urmează vor fi descrise câteva aplicații pentru digitizarea senzori cu circuite integrate, senzori termorezistivi și senzori generatori (termocuplu).

Variația cu temperatura a tensiunii pe o diodă (sau pe joncțiunea bază-emitor a unui tranzistor bipolar), polarizată direct, este de aproximativ $-2,2\text{mV}/^{\circ}\text{C}$. Pentru a măsura temperatura cu o diodă semiconductoare, pentru un interval până la 100°C , se obține o variație de aproximativ 220mV. Căderea de tensiune pe diodă variază între 0,5V și 0,7V. Pentru a măsura cu precizie rezonabilă temperatura este nevoie de o schemă complexă de amplificare și scalare. Tensiunea obținută după amplificare trebuie convertită în valori numerice. Această modalitate de măsurare a temperaturii este implementată în senzorii de temperatură integrați, obținându-se digitizarea simplă a temperaturii. Există o multitudine de senzori de temperatură de acest tip.

Senzori de temperatură care au în structura internă un convertor AN au ieșirea digitală. Citirea datelor de temperatură se face pe interfețele: 1-wire, I2C sau SPI. Dintre acești senzori enumerăm: LM70, LM75A, LM86, LM92, ADT7311, AD7420, LTC2986, MAX6629, TMP102, DS18B20 etc. Temperatura măsurată de acești senzori se citește pe interfața de comunicație implementată. Mai sunt senzori de temperatură care au ieșirea în frecvență sau durată. Pentru acești senzori trebuie măsurat timpul și din care se calculează valoarea numerică a temperaturii.

Cea mai precisă și accesibilă modalitate de măsurare a temperaturii este legată de variația rezistenței electrice a metalelor cu temperatura. Cea mai mare utilizare o are platina. Aceasta are o caracteristică aproape liniară și stabilă în timp. Domeniul de temperatură pentru senzorii din platină este cuprins între -200°C și

600÷800°C. Din platină sunt confecționați majoritatea senzorilor de temperatură etalon.

Dependența dintre rezistența senzorului și domeniul de temperaturi cu valori negative se aproximează cu o funcție polinomială de gradul patru:

$$R_{RTD}=R_{(0)}\cdot[1+A\cdot T+B\cdot T^2+C\cdot(T-100)\cdot T^3] \quad (4.10)$$

Pentru domeniul de temperaturi pozitive (mai mari de 0°C), dependența rezistenței senzorului cu temperatura este descrisă de o funcție polinomială de gradul doi, conform relației:

$$R_{RTD}=R_{(0)}\cdot[1+A\cdot T+B\cdot T^2] \quad (4.11)$$

Coeficienții A, B și C sunt specifici fiecărui standard de definiție pentru măsurarea temperaturii cu senzori de platină. Acești coeficienți depind de puritatea platinei. Valorile coeficienților pentru standardul IEC 751 sunt $A=3,908\cdot 10^{-3}$, $B=-5,775\cdot 10^{-7}$ și $C=-4,183\cdot 10^{-12}$. Un alt standard foarte cunoscut este ASTM E1137.

Cel mai cunoscut senzor de platină este Pt100. Acesta are rezistența de 100Ω la 0°C. Fabricarea prin tehnologia de depunere în vid a senzorilor din platină permite realizarea de senzori cu rezistențe de 500, 1000 și 2000 de ohmi la 0°C. Aceste valori simplifică schemele de măsură (nu trebuie compensate rezistențele firelor de legătură). Senzorii din platină se fabrică pentru mai multe clase de precizie: 2B ($\pm 0,60^\circ\text{C}$), B ($\pm 0,30^\circ\text{C}$), A ($\pm 0,15^\circ\text{C}$), 1/3B ($\pm 0,1^\circ\text{C}$) etc.

Pentru măsurarea termorezistențelor din platină există o multitudine de scheme de condiționare. Un convertor *sigma-delta* cu una sau două intrări diferențiale și referință de tensiune diferențială facilitează măsurarea acestor senzori. Pentru măsurători de precizie este nevoie de o rezistență etalon. În schemele din figura 4.7 sunt exemplificate conexiunile cu 3 fire și respectiv cu 4 fire pentru senzorul Pt100. În schemă sunt specificate doar legăturile la senzor. Circuitele AD7785 și AD7715 pot fi conectate la orice tip de microcontroler.

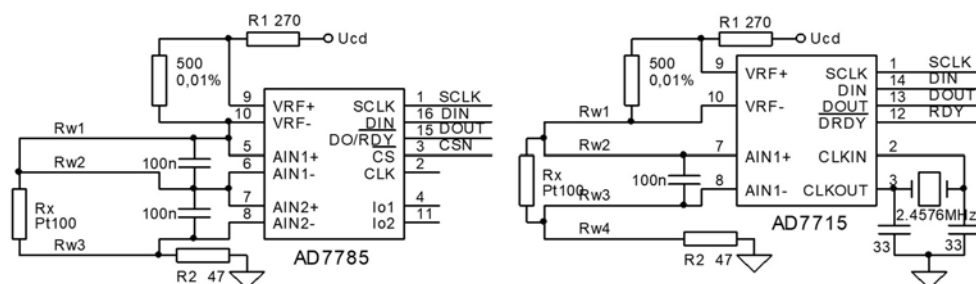


Fig. 4.7. Scheme de măsură pentru Pt100 cu 3 și 4 fire

Pentru conexiunea cu 4 fire, rezistența se calculează folosind codul obținut în urma conversiei AN cu AD7715.

În cazul conexiunii cu 3 fire, compensarea rezistenței firelor de legătură se face software. Avem nevoie de un convertor cu două canale de intrare. În schemă este folosit convertorul AD7785. Pe intrarea diferențială 1 se măsoară rezistența firului de legătură R_{W1} , iar pe intrarea diferențială 2 se măsoară $R_X + R_{W3}$. Prin calcule putem afla valoarea rezistenței de măsură cu următoarea relație:

$$R_X = (R_{W3} + R_X) - (R_{W1}) = (cod_{In2} - cod_{In1}) \cdot 500/2^{16} \quad (4.12)$$

Calculul rezistenței R_X este corectă în condițiile în care $R_{W1} = R_{W3}$.

Există circuite specializate pentru măsurarea senzorilor Pt100 sau Pt1000. În figura 4.8 este prezentată schema de măsurare a senzorului Pt1000 cu circuitul integrat MAX31865 [3]. Conectarea termorezistenței se face cu două fire.

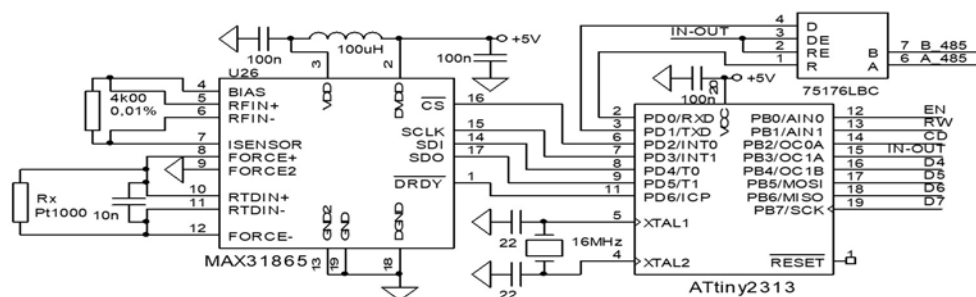


Fig. 4.8. Condiționarea senzorului Pt1000 cu MAX31865

Dacă trebuie măsurat un senzor Pt100, aflat la distanță de locul de condiționare, folosim una din schemele din figura 4.9, în conexiune cu 3 sau 4 fire.

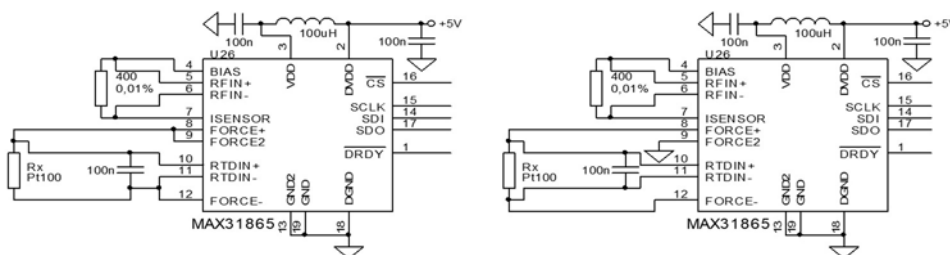


Fig. 4.9. Schema de conexiuni pentru 3 și 4 fire

Cu schemele prezentate aflăm doar valoarea rezistenței senzorului. Cu această valoare trebuie determinată valoarea temperaturii la care se află senzorul. Folosirea relațiilor 4.10 și 4.11 este greoaie și presupune realizarea unor calcule complexe. De cele mai multe ori se apelează la liniarizarea pe porțiuni. Se specifică tabelar domeniile de calcul și coeficienții corespunzători. Există funcții în C care calculează temperatura, funcție de rezistența senzorului (pentru Pt100 și Pt1000).

Pentru măsurarea cu rezoluție mare a temperaturii se folosesc *termistori*. Aceștia sunt realizați din material semiconductor. Rezistența lor electrică variază în limite foarte largi cu temperatura, având o variație exponențială. Domeniul de temperatură măsurat este cuprins între -100°C și +200°C. Termistorii pot avea un coeficient de variație a rezistenței cu temperatura negativ (termistori NTC) sau pozitiv (termistori PTC). Doar termistorii cu coeficient de temperatură negativ (NTC) sunt folosiți ca senzori de temperatură. Excepție este senzorul KTY [3]. Termistorii PTC se folosesc mai mult în aplicații de protecție, deoarece coeficientul pozitiv se păstrează într-un domeniu foarte îngust de temperatură. Coeficientul de variație a rezistenței termistorilor NTC cu temperatura este cuprins între -3% și -5%. Dependența dintre rezistența termistorilor și temperatură este exponențială, conform relației:

$$R = A \cdot e^{-B/T} \quad (4.13)$$

unde R este rezistența termistorului la temperatura T , A este un coeficient ce se măsoară în ohmi și se mai notează R_A (are semnificație de rezistență a termistorului la temperatura infinit), iar B este o constantă

de material, măsurată în grade Kelvin. În practică, constanta B are valori uzuale între 2000°K și 5000°K .

Pentru termistori, în multe cazuri, dependența dintre temperatură și rezistență este specificată prin ecuația:

$$1/T = A + B \ln R_T + C \ln^3 R_T \quad (4.14)$$

unde A , B și C sunt coeficienți dependenți de modelul termistorului și de domeniul de temperatură. În foile de catalog, dependența dintre rezistență și temperatură este specificată tabelar. În plus, sunt specificați coeficienții A , B , C precum și relația de calcul a temperaturii. Spre exemplu, pentru termistorul YSI4405, cu rezistența nominală de $3\text{k}\Omega$, acești coeficienți au următoarele valori: $A=1,4051 \cdot 10^{-3}$, $B=2.369 \cdot 10^{-4}$ și $C=1.019 \cdot 10^{-7}$.

Datorită variației mari a rezistenței termistorilor cu temperatura, aceștia sunt folosiți cu precădere pentru măsurarea cu precizie a temperaturii pe domenii înguste de temperatură. Deoarece rezistența electrică a termistorilor este mare, nu este necesară compensarea rezistenței firelor de legătură.

Din cauza variației rezistenței termistorilor pe mai multe decade, caracteristica acestora trebuie liniarizată. Liniarizarea caracteristicii termistorilor se face cu o rezistență conectată în paralel cu termistorul. Rezistența în paralel se alege astfel încât să avem un punct de inflexiune a caracteristicii de transfer pentru mijlocul domeniului de temperatură ce trebuie măsurat. În punctul respectiv derivata a doua se anulează. Se poate calcula valoarea rezistenței conectată în paralel cu termistorul cu relația: $R_P = R_{NTC} \cdot (B - 2 \cdot T_C) / (B + 2 \cdot T_C)$, unde T_C este temperatura centrală a domeniului ales, iar R_{NTC} și B sunt date de catalog ale termistorului.

Pentru măsurarea termistorilor se folosește, pentru conversia rezistenței în tensiune, doar schema cu divizor de tensiune. Folosirea unui generator de curent constant nu ar aduce îmbunătățiri semnificative schemelor de măsurare. În figura 4.10 este prezentată o schema pentru măsurarea unui termistor cu divizor de tensiune. Semnalul de ieșire din divizor este convertit analog-numeric, pe 12 biți, cu convertorul AD7896.

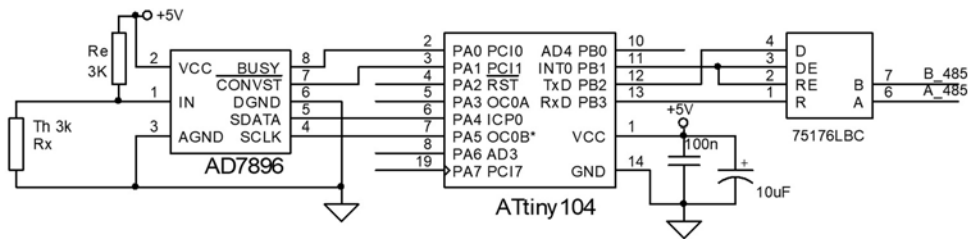


Fig. 4.10. Digitizarea temperaturii cu termistor și AD7896

Există circuite specializate pentru digitizarea temperaturii măsurate cu termistoare. Un astfel de circuit este MAX6682. Pentru domeniul $0^{\circ}\text{C} \div 50^{\circ}\text{C}$ se asigură o rezoluție de $8\text{LSB}/^{\circ}\text{C}$ ($0,125^{\circ}\text{C}$), dacă se alege corect rezistența externă și termistorul. Ieșirea este scalată pentru citirea directă a temperaturii (conversie AN pe 10 biți), în domeniul $0^{\circ}\text{C} \div 50^{\circ}\text{C}$, pe interfața SPI.

În figura 4.11 este prezentată schema de condiționare. Rezistența externă R_e se calculează cu relația: $R_e = [R_M(R_1 - R_2) - 2 \cdot R_1 \cdot R_2] / (R_1 + R_2 - 2 \cdot R_M)$, unde R_1 , R_2 și R_M sunt rezistențele termistorului pentru capetele și mijlocul domeniului de măsură.

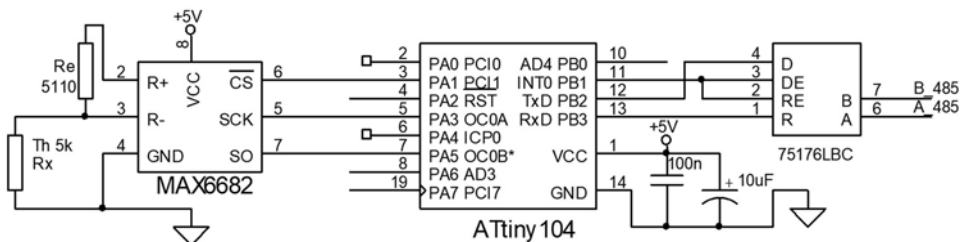


Fig. 4.11. Digitizarea temperaturii cu termistor și MAX6682

Pentru măsurarea temperaturilor înalte se folosește *termocuplu*. Acesta asigură măsurarea temperaturii între -200°C și 3000°C . Are o construcție simplă, fiind obținut prin sudarea a două metale diferite. Principiul de funcționare se bazează pe apariția unei tensiuni termoelectromotoare la contactul dintre două materiale cu concentrații diferite ale purtătorilor de sarcină. Cei doi termoelectrozi pot fi metalici sau nemetalici. Aceștia prezintă fenomenul de îmbătrânire, mai ales în cazul măsurării temperaturilor înalte [3].

Tensiunea termoelectromotoare (*t.t.e.m*), care apare în circuitul unui termocuplu format din doi conductori omogeni, este rezultatul mai

multor efecte, dintre care cel mai important este efectul *Seebeck*. Acest efect, sau efectul termoelectric direct, constă în apariția unei tensiuni termoelectromotoare (*t.t.e.m.*), într-un circuit compus din doi sau mai mulți conductori, dacă contactele dintre conductori sunt menținute la temperaturi diferite.

Pentru transpunerea în practică a măsurării temperaturii cu termocuplul, trebuie să ținem seama de cele trei legi ce guvernează efectul termoelectric: legea metalelor omogene, legea metalelor intermediare și legea temperaturilor succesive sau intermediare. Toate aceste legi pot fi exprimate sub o singură formă: suma algebrică a tensiunilor termoelectromotoare, generate în orice circuit, conținând un număr oarecare de metale omogene, diferite între ele, depinde doar de temperaturile la care sunt menținute joncțiunile și de metalele ce formează respectivele joncțiuni.

Avem mai multe tipuri de termocuplu, simbolizate prin litere (*J* fier-constantan, *K* cromel-alumel, *T* cupru-constantan, *E* cromel-constantan, *S* platină-rodiiu etc). Tensiunea generată de termocupluri, funcție de temperatură, este precizată tabelar. Semnalul electric generat de termocupluri este de ordinul zecilor de $\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ [4]. Pentru conversia semnalului generat de termocupluri sub formă digitală, este necesară amplificarea acestuia. De asemenea, pentru măsurarea cu precizie a temperaturii trebuie compensat efectul temperaturii joncțiunii reci. Practic, termocuplul măsoară diferența de temperatură între joncțiunea caldă și cea rece.

Există circuite specializate pentru măsurarea termocuplurilor (AD594, LT1025, MAX6675, MAX31855, ADS1246, ADS1247, ADS1248 etc). Circuitul AD594 măsoară termocuplu *J* și are ieșire analogică ($10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$), LT1025 măsoară termocuplurile *E*, *J*, *K*, *S* și *T* și are ieșire analogică. MAX6675 este destinat pentru măsurarea termocuplului *K* și are ieșire digitală pe 12 biți.

În schemele simple compensarea joncțiunii reci se face soft.

În figura 4.12 este prezentată schema de măsurare a temperaturii cu termocuplul *K*, folosind circuitul specializat MAX31855K. Acest circuit realizează intern compensarea joncțiunii reci. Trebuie să ne asigurăm că joncțiunea rece are aceeași temperatură cu circuitul integrat.

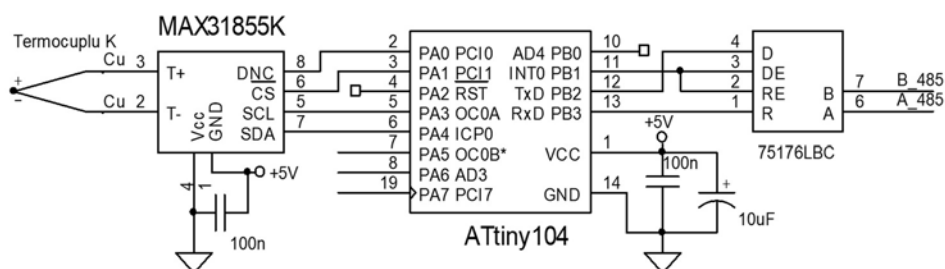


Fig. 4.12. Digitizarea temperaturii cu termocuplului K și MAX31855K

Pentru măsurarea celorlalte tipuri de termocupluri se folosesc circuitele MAX31855J, MAX31855N, MAX31855T, MAX31855S și MAX31855R sau alte circuite din cele prezentate mai sus.

Bibliografie

- [1] I. Ciascai, Aplicații industriale cu microcontrolere AVR, teză de abilitare, 2015, UT Cluj-Napoca, 2015.
- [2] I. Ciascai, Microcontrolere AVR. Structură și aplicații, Presa Universitară Clujană, ISBN 978-973-595-620-2, 2013.
- [3] I. Ciascai, Senzori. Noțiuni introductive și aplicații, U.T. PRESS, Cluj-Napoca, ISBN 978-606-737-335-6, 2018.
- [4] J. Fraden, Handbook of Modern Sensors. Physics, Design, and Applications, SpringerLLC, ISBN 978-1-4419-6465-6, 2010.
- [5] E. Nicolau, Manualul inginerului electronist. Măsurări electronice, Editura Tehnică, București, 1979.
- [6] ***, Analog Devices, Transducer Interfacing Handbook, Norwood, Massachusetts, ISBN 0-916550-05-2, 1981.
- [7] ***, Atmel, AVR RISC Microcontroller, Data Book, 1999, San Jose, CA.
- [8] ***, Burr-Brown, Application Handbook, LI-459, 1994, Tucson, AZ.
- [9] ***, Texas Instruments, Digital Design Seminar, SDYDE01B, 1998.
- [10] ***, Texas Instruments, Linear Design Seminar, SSLYDE05, 1998.
- [11] ***, Texas Instruments, Digital Transmission Design Seminar, SLLDE01C, 1998.

5. Proiectarea integrată și interfațarea sistemelor mecatronice

Ciprian Lăpușan, Ioan Pintilie, David Glodean, Vistrian Mătieș

Evoluția tehnologică din ultimele decenii este marcată de o transformare accelerată și transdisciplinară, caracterizată prin integrarea avansată a domeniilor științifice și tehnice, automatizarea proceselor, miniaturizarea componentelor și creșterea conectivității globale. Această evoluție a condus la o fuziune tot mai strânsă între hardware, software și inteligență artificială, generând sisteme autonome, adaptabile și interconectate la scară globală [1]. Mecatronica joacă un rol central în această transformare tehnologică, fiind un domeniu interdisciplinar care integrează mecanica, electronica, automatizarea și tehnologiile informației pentru a dezvolta sisteme inteligente [2]. În procesul de proiectare al acestor sisteme, este esențial ca încă din faza conceptuală să se adopte o abordare integrată, având în vedere funcționarea sistemului ca un tot unitar [3][4]. Acest capitol prezintă concepte, precum și tehnici moderne de proiectare și testare utilizate în dezvoltarea acestor sisteme.

Procesul de integrare în sistemele mecatronice se realizează prin două abordări complementare: integrarea hardware, care vizează unificarea fizică a componentelor mecanice, senzoriale, de acționare și de control, și integrarea software, bazată pe interconectarea și coordonarea acestor componente prin lanțuri cinematice informaționale [4][5]. Integrarea hardware în sistemele mecatronice presupune proiectarea unitară a componentelor mecanice, senzoriale, de acționare și de control. Acest proces a condus la dezvoltarea senzorilor și actuatorilor inteligenți, care înglobează microcontrolere pentru funcționalități avansate [4][5]. Integrarea software în sistemele mecatronice vizează implementarea funcțiilor de control avansat, permițând atât gestionarea componentelor hardware, cât și îmbunătățirea performanțelor prin utilizarea modelelor procesului și procesarea online a informației [4][5].

Procesul de integrare a componentelor în sistemele mecatronice este profund influențat și de soluțiile de interfațare, care asigură adaptarea fluxului informațional și energetic între subsisteme. Fără interfețe adecvate, integrarea și schimbul de informații devin imposibile. În procesul de proiectare a sistemelor mecatronice, interfațarea se

realizează pe două direcții principale: operator – mașină și mașină – mașină [4].

Pentru a asigura performanțe optime și o funcționare coerentă a sistemelor mecatronice, este esențial ca procesul de integrare hardware și software să fie însoțit de o metodologie riguroasă de proiectare. În continuare, sunt prezentate metodologii și metode utilizate în procesul de proiectare integrată, evidențiind principiile fundamentale, strategiile moderne și tehnologiile utilizate pentru a asigura un proces eficient de dezvoltare a sistemelor mecatronice.

5.1. Principii și metode utilizate în procesul de proiectare a sistemele mecatronice

Proiectarea integrată a sistemelor mecatronice presupune o abordare unificată, în care componentele mecanice, electronice și software sunt dezvoltate simultan. Această metodologie optimizează performanța sistemului încă din faza conceptuală, reducând timpul de dezvoltare și totodată îmbunătățind fiabilitatea acestuia. Spre deosebire de abordarea tradițională, bazată pe proiectare secvențială, unde integrarea componentelor are loc abia în faza finală a procesului, proiectarea integrată asigură o viziune sistemică încă de la început.

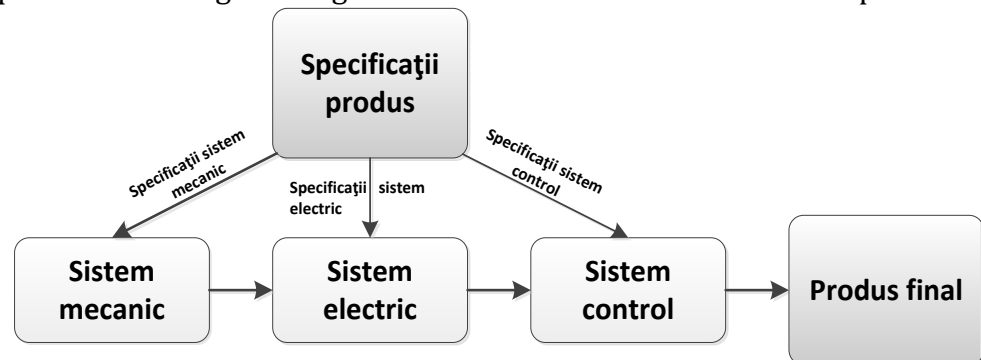


Fig. 5.1. Conceptul de proiectare secvențială [6]

În cadrul proiectării secvențiale, structura mecanică este realizată independent, urmând ca ulterior să fie adăugate sisteme de acționare, reductoare, senzori și componente de control (figura 5.1). Deși fiecare dintre aceste subsisteme poate fi optim proiectat individual, rezultatul final nu este întotdeauna un sistem performant la nivel global. Prin contrast, proiectarea integrată promovează colaborarea

interdisciplinară, utilizarea de modele predictive și implementarea unor strategii avansate de simulare și testare.

Odată cu apariția mecatronicii, au fost dezvoltate noi concepte ce au condus la tranziția de la proiectarea secvențială la proiectarea simultană (concurentă), în care toate componentele unui sistem sunt dezvoltate în paralel, nu succesiv. Spre deosebire de abordarea tradițională, unde integrarea se realizează abia în etapele finale, proiectarea simultană ia în considerare întregul sistem încă din faza de concepție. După cum se poate observa și în figura 5.2, această metodă permite dezvoltarea coordonată a tuturor componentelor, asigurând o optimizare structurală și funcțională superioară.

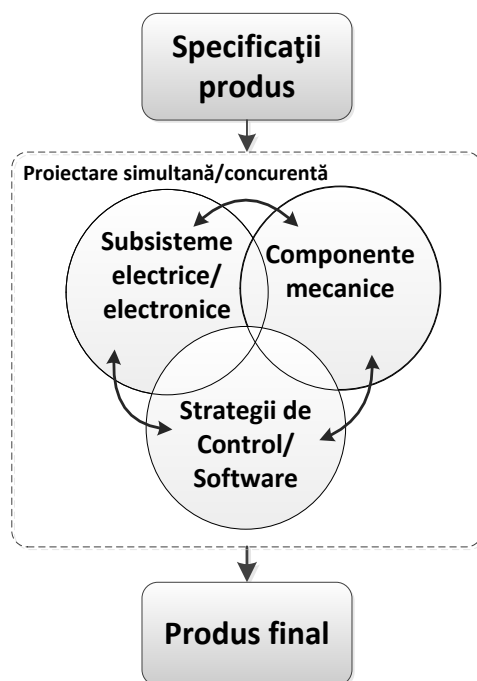


Fig. 5.2. Conceptul de proiectare simultană/concurentă [6]

Un aspect esențial al proiectării simultane este interdependența strânsă dintre componente, demonstrată în diverse moduri. De exemplu, proprietățile mecanice ale unui sistem pot influența direct cerințele impuse sistemului de control, iar anumite funcții mecanice tradiționale pot fi înlocuite cu soluții software, ceea ce duce la reducerea dimensiunilor, îmbunătățirea caracteristicilor dinamice și creșterea fiabilității sistemului. În plus, această abordare permite optimizarea

consumului de materiale și energie, contribuind astfel la dezvoltarea unor soluții mai sustenabile.

Implementarea eficientă a proiectării simultane necesită utilizarea unor metode avansate de proiectare și dezvoltare, care să sprijine colaborarea interdisciplinară și integrarea rapidă a componentelor. Printre aceste metode se numără:

- Proiectarea asistată de calculator (CAD/CAM/CAE), care facilitează modelarea și analiza componentelor;
- Proiectarea bazată pe model (Model-Based Design - MBD), ce permite testarea și optimizarea timpurie a sistemului;
- Prototiparea rapidă, prin care se pot valida concepte într-un timp scurt;
- Simulările Hardware-in-the-Loop (HIL), care permit testarea componentelor de control în condiții reale.

Toate aceste metode utilizează platforme hardware și software dedicate, oferind un mediu integrat care accelerează procesul de proiectare și reduce efortul inginerilor, asigurând în același timp un nivel ridicat de performanță și fiabilitate al sistemelor dezvoltate.

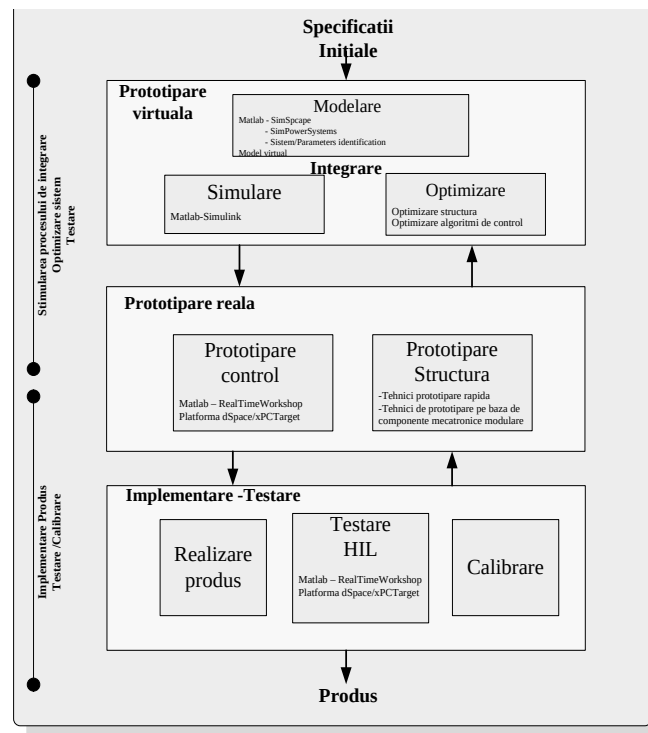


Fig. 5.3. Metodologie de proiectare a sistemelor mecatronice [4]

Pornind de la aceste considerente, în continuare este prezentată o abordare propusă în lucrarea [4] ce vizează definirea unei metodologii de proiectare simultană aplicată sistemelor mecatronice. Metodologia propusă include trei etape: prototipare virtuală, prototipare reală și implementare/testare (figura 5.3).

Prototiparea virtuală permite simularea integrării sistemului într-un mediu software, facilitând testarea variantelor constructive și a algoritmilor de control. Aceasta ajută la identificarea și corectarea erorilor înainte de realizarea fizică, reducând astfel costurile și timpul de producție.

Prototiparea reală presupune dezvoltarea unui prototip fizic pentru validarea rezultatelor simulării. Se utilizează tehnici precum prototipare rapidă a controlului, componente modulare sau imprimare 3D pentru accelerarea procesului.

Implementarea și testarea marchează realizarea produsului final, calibrarea și testarea acestuia, având în vedere producția de serie.

Metodologia permite revenirea la etapele anterioare pentru corectarea erorilor sau optimizarea performanței, asigurând o dezvoltare iterativă și eficientă.

5.2. Modelarea și simularea sistemelor mecatronice

Prototiparea virtuală și simularea au devenit etape esențiale în proiectarea produselor moderne, oferind un mediu sigur și flexibil pentru testare și optimizare. Proiectarea bazată pe model (Model-Based Design - MBD) permite dezvoltarea și validarea sistemelor complexe într-un mediu software, reducând costurile și timpul necesar realizării fizice [6].

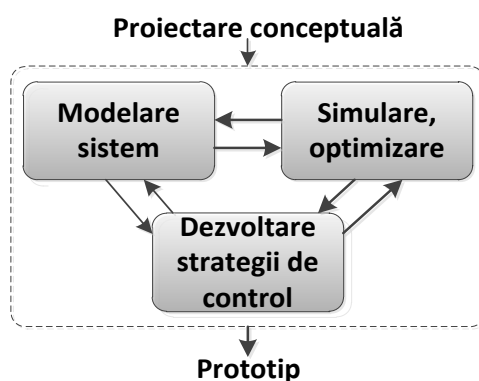


Fig. 5.4. Etape în dezvoltarea prototipului virtual [6]

Această abordare oferă multiple avantaje, printre care validarea timpurie a specificațiilor încă din faza de proiectare, reducerea timpului și a costurilor de dezvoltare, precum și posibilitatea de a simula și optimiza comportamentul sistemului înainte de realizarea sa fizică. De asemenea, permite analiza variabilelor de stare inaccesibile în testarea reală, oferă o flexibilitate crescută în modificarea soluțiilor hardware și software și facilitează testarea în condiții extreme fără riscuri. În plus, prin compresia sau dilatarea timpului, se pot studia sisteme cu răspuns lent sau rapid. Astfel, utilizarea Model-Based Design (MBD) permite explorarea unor variante constructive diverse și optimizarea funcționării produsului final încă din fazele inițiale de proiectare.

Utilizarea metodei Model-Based Design (MBD) în proiectare începe cu dezvoltarea modelului dinamic al sistemului, bazat pe specificațiile stabilite în faza conceptuală. Acest model matematic integrează toate componentele esențiale, precum structura mecanică, senzorii și actuatorii. Ulterior, modelul este implementat și testat într-un mediu software de simulare, unde se dezvoltă algoritmi de control și se analizează comportamentul sistemului în diverse condiții de funcționare. Procesul este iterativ, permițând ajustarea parametrilor sau modificarea componentelor hardware și software pentru optimizarea performanței

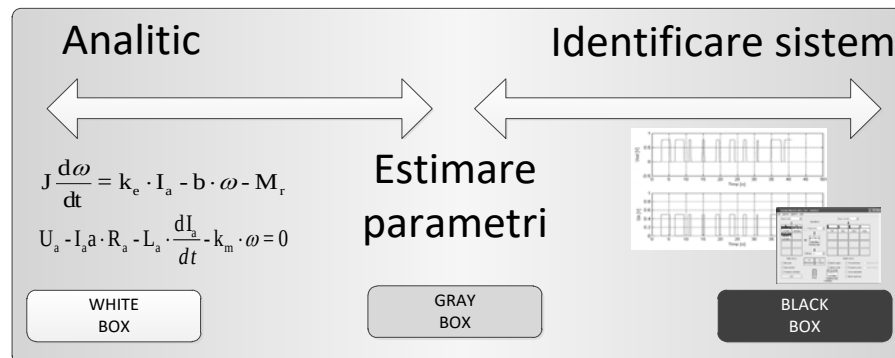


Fig. 5.5. Abordări utilizate pentru dezvoltare unui model[6]

Simularea comportamentului unui sistem impune elaborarea unui model capabil să-i descrie dinamica. Acesta constituie o reprezentare abstractă și simplificată a sistemului real, derivată fie din principii teoretice consacrate, fie prin metode numerice de identificare [6]. Precizia cu care sunt captate proprietățile sistemului influențează direct fidelitatea rezultatelor simulării, fiind esențială integrarea tuturor aspectelor semnificative și de interes ale comportamentului său dinamic.

Există trei metode principale de modelare a sistemelor: analitică (white box), experimentală (black box) și hibridă (gray box).

Metoda analitică se bazează pe principii fizice fundamentale (ex. legile lui Newton, Kirchhoff, formalismul Lagrangian sau Hamiltonian) pentru a descrie matematic sistemul. Această abordare este precisă, dar poate fi dificilă de aplicat pentru sisteme complexe.

Metoda experimentală presupune identificarea numerică a modelului în baza datelor de intrare și ieșire măsurate, utilizând algoritmi specifici pentru a determina relațiile matematice dintre variabile. Aceasta este eficientă pentru sisteme complexe, unde modelarea analitică este dificilă.

Metoda hibridă combină cele două abordări, folosind un model analitic inițial, ale cărui parametri necunoscuți sunt determinați prin identificare experimentală. Această metodă îmbină avantajele ambelor tehnici, oferind un echilibru între precizie și flexibilitate.

Simularea este o etapă esențială în dezvoltarea sistemelor mecatronice, permițând analiza comportamentului dinamic și optimizarea componentelor hardware și software într-un mediu virtual. Acest proces implică realizarea de experimente într-un mediu software dedicat, oferind proiectantului posibilitatea de a evalua performanța sistemului ca întreg și de a îmbunătăți designul pentru o funcționare optimă.

Platformele de simulare utilizate în acest proces trebuie să permită analiza integrată a sistemului, facilitând implementarea modelelor subansamblelor unui sistem mecatronic din diverse domenii. Printre cele mai utilizate metode de modelare se numără diagrame bloc, fluxuri, grafuri bond sau diagrame de tranziție a stărilor. Dintre metodele amintite anterior, diagramele bloc sunt cele mai utilizate în acest proces. Un exemplu de astfel mediu de modelare ce permite implementarea diagramelor bloc este Matlab/Simulink (Fig. 5.6).

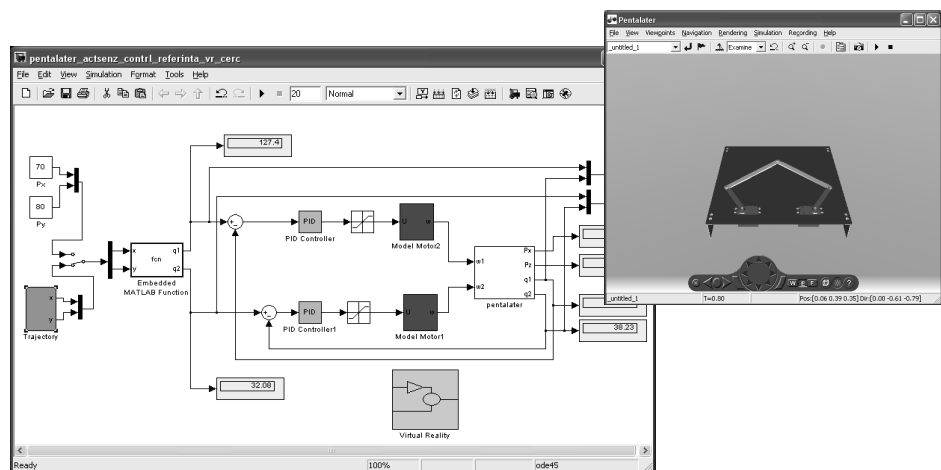


Fig. 5.6. Model Simulink [4]

Experimentele realizate în mediul virtual au rolul de a analiza sistemul în ansamblu, oferind o platformă sigură și flexibilă pentru testare și optimizare. Astfel, se pot dezvolta simulări care permit definirea sarcinilor pentru sistemul proiectat (referință $r(t)$) și evaluarea răspunsului acestuia (ieșire $y(t)$) în condiții de lucru specifice, fără a fi necesară construcția imediată a unui prototip fizic. Această etapă contribuie la reducerea costurilor și a timpului de dezvoltare, permițând identificarea și corectarea eventualelor disfuncționalități într-un stadiu incipient.

Rezultatele simulării pot fi reprezentate atât numeric, sub formă de valori numerice, tabele și diagrame, cât și vizual, prin utilizarea unui mediu grafic care oferă o perspectivă intuitivă asupra comportamentului sistemului (fig. 5.7). Analiza răspunsului este esențială pentru a înțelege dinamica sistemului și pentru a lua deciziile privind optimizarea performanței acestuia. În literatura de specialitate, acest mod de simulare poartă denumirea de *Model in the Loop* (MIL) [6].

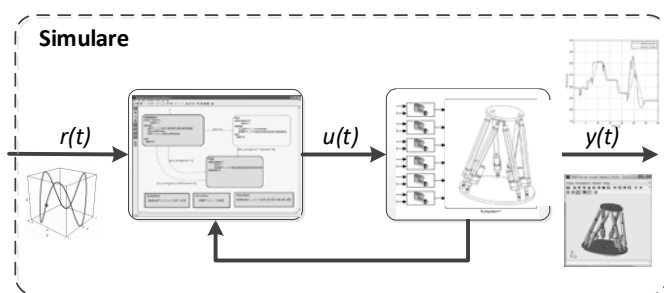


Fig. 5.7. Conceptul de simulare - Model in the loop [6]

Simulările dezvoltate pot fi de două tipuri: continue în timp sau discrete în timp, în funcție de natura sistemului analizat și de cerințele experimentului. Alegerea dintre simularea continuă și cea discretă depinde de complexitatea sistemului, de nivelul de detaliu dorit și de cerințele de calcul, fiecare metodă având avantaje specifice în funcție de aplicație.

În cazul simulărilor continue, evoluția modelului este descrisă printr-un proces continuu de variație a mărimilor sistemului pe parcursul întregii simulări. Aceste modele sunt formulate sub formă de ecuații diferențiale, care sunt rezolvate utilizând algoritmi numerici specializați. Acest tip de simulare este frecvent utilizat în analiza sistemelor dinamice, unde comportamentul trebuie modelat cu precizie la fiecare moment de timp.

Simulările discrete în timp se bazează pe o evoluție a sistemului la intervale de timp definite printr-un pas prestabilit. Aceste intervale discrete pot fi determinate fie de evenimente dependente de stările sistemului, fie de evenimente dependente de timp [6]. Simulările discrete sunt utilizate în special în modelarea și analiza sistemelor cu funcționare secvențială, cum ar fi sistemele digitale, rețelele de comunicații sau procesele industriale controlate prin algoritmi de control discret.

Numeroase medii software destinate modelării și simulării permit generarea automată de cod din modele bazate pe diagrame bloc. Acest cod poate fi utilizat în diverse etape ale proiectării, precum testarea și validarea inițială prin simulări *Software-in-the-Loop* (SIL), validarea algoritmilor de control prin *Rapid Control Prototyping* (RCP) și testarea componentelor sistemului prin *Hardware-in-the-Loop* (HIL).

Software-in-the-Loop este o metodă de validare a codului generat automat pentru hardware-ul de control, testându-l într-un mediu software înainte de implementarea pe echipamente fizice. Spre deosebire de MIL, unde algoritmii de control sunt testați pe modele bazate pe diagrame bloc, în SIL, aceste diagrame sunt înlocuite cu codul executabil generat automat (Fig. 5.8). În acest mod, SIL permite verificarea codului generat într-un mediu virtual înainte de implementarea acestuia pe hardware, asigurând o tranziție mai eficientă către testarea fizică.

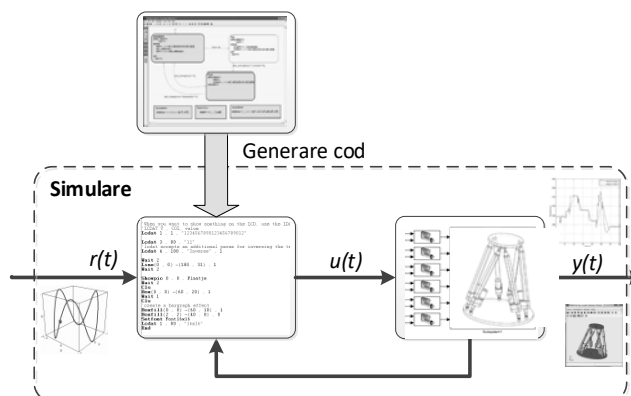


Fig. 5.8. Conceptul de simulare – Software in the Loop [6]

Modelarea și simularea sistemelor mecatronice joacă un rol esențial în testarea și validarea funcțională a soluțiilor dezvoltate. Această etapă permite atât analiza sistemului într-un mediu virtual, cât și optimizarea funcțională și constructivă a acestuia. Metode precum MIL și SIL oferă posibilitatea de a evalua performanțele sistemului într-un mediu controlat, asigurând o tranziție eficientă către testarea și implementarea fizică.

5.3. Prototipare fizică și validare funcțională

În procesul de proiectare, această etapă are ca obiectiv dezvoltarea parțială sau completă a prototipului noului produs, integrând atât componente hardware, cât și software. Implementarea acestora se realizează pe baza rezultatelor obținute în urma simulărilor virtuale, asigurând o corelare optimă între modelul teoretic și soluția fizică. Prototipul rezultat este utilizat pentru dezvoltarea de teste în vederea validării performanțelor și confirmarea rezultatelor obținute în mediul virtual. Evoluția tehnologiilor din ultimele decenii a condus la dezvoltarea unor metode avansate de prototipare rapidă, care optimizează procesul de tranziție de la modelul virtual la implementarea reală.

Pentru a asigura o tranziție eficientă de la simularea virtuală la implementarea fizică, sunt utilizate metode avansate de testare care combină componente reale cu modele matematice. Rapid Control Prototyping și Hardware-in-the-Loop sunt două metode care permit validarea funcțională a componentelor unui sistem mecatronic înainte de producția finală. Aceste metode facilitează dezvoltarea de experimente în care elementele hardware interacționează direct cu modele virtuale, oferind o evaluare precisă a performanțelor sistemului. Diferențierea

între RCP și HIL se realizează în funcție de componentele simulate în timp real, fiecare metodă având un rol specific în procesul de testare și optimizare.

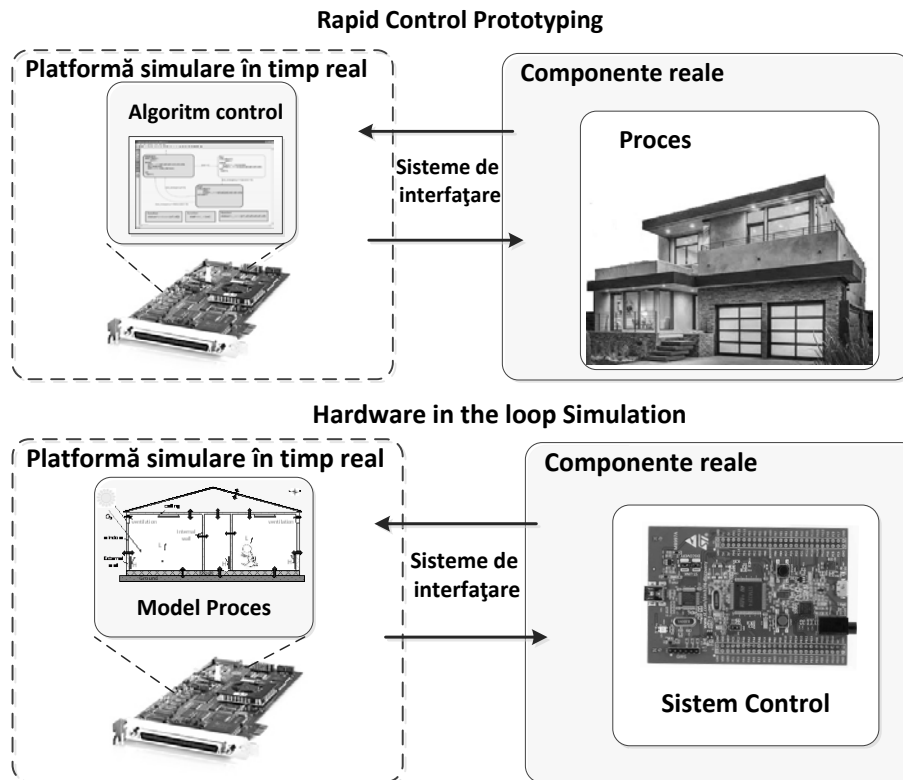


Fig. 5.9. Simulări de tip Rapid Control Prototyping/Hardware in the Loop [11]

RCP este o metodă ce permite testarea și optimizarea strategiilor de control într-un mediu de simulare înainte de implementarea finală. Strategiile de control sunt dezvoltate inițial într-un mediu de simulare (ex. Matlab) și ulterior validate utilizând o platformă de simulare în timp real, care înlocuiește componentele hardware ale controlerului. Această abordare permite testarea și ajustarea strategiilor de control fără a fi necesară dezvoltarea hardware-ului dedicat, reducând astfel timpul de implementare și eliminând potențialele erori de programare asociate scrierii de cod manual. Codul necesar rulării în timp real este generat automat din modelele de simulare, facilitând o integrare rapidă și precisă în procesul de testare.

Spre deosebire de RCP, HIL permite testarea unui sistem de control real prin conectarea acestuia la un model virtual al procesului. În acest context, algoritmi și componentele hardware ale controlerului sunt evaluate într-un mediu controlat, în care procesul este simulat în timp real. Această abordare facilitează verificarea și optimizarea sistemelor de control fără a fi necesară existența fizică a procesului, oferind astfel un mediu de testare mai sigur, inclusiv pentru scenarii extreme, și contribuind la reducerea semnificativă a costurilor de dezvoltare.

Dezvoltarea aplicațiilor RCP și HIL necesită platforme software și hardware dedicate, capabile să genereze automat cod și să ruleze simulări în timp real. În ultimii ani, au fost dezvoltate multiple soluții care facilitează implementarea acestor metode. În prezent, există multiple soluții pe piață care facilitează implementarea acestor metode, dintre care se remarcă:

- Platformele dSPACE – soluții robuste pentru proiectarea și testarea sistemelor mecatronice, integrate cu MATLAB/Simulink și plăci hardware performante.
- Platformele Speedgoat cu Simulink Real-Time – oferă o soluție optimizată pentru execuția în timp real a algoritmilor de control, permițând testarea rapidă și eficientă a strategiilor de control.
- Platforma CompactRIO (NI) – dezvoltată de National Instruments, combină mediul de dezvoltare LabVIEW cu hardware modular, fiind adaptabilă pentru o gamă largă de aplicații mecatronice.
- Soluțiile Vector – oferă platforme HIL scalabile și versatile, utilizate în special în industria auto pentru testarea și validarea unităților de control electronic (ECU), inclusiv pentru sisteme avansate de asistență la conducere (ADAS) și automobile electrice.

Platformele dedicate pentru aplicațiile RCP și HIL integrează componente specializate atât software cât și hardware. Rolul componentelor software este de a permite modelarea sistemelor prin generare automată de cod și rulare a simulărilor în timp real, iar hardware-ul trebuie să asigure interfațarea cu sistemele fizice și resursele necesare pentru execuție. Aceste platforme contribuie semnificativ la reducerea timpului de testare și implementare, oferind un mediu controlat și eficient pentru validarea sistemelor de control înainte de implementarea acestora pe hardware-ul final.

Pe lângă platformele de înaltă performanță menționate anterior, există și soluții mai accesibile din punct de vedere financiar, dedicate

dezvoltării de experimente RCP și HIL. Aceste platforme, deși oferă resurse hardware mai limitate, pot reprezenta o alternativă viabilă pentru aplicații cu o complexitate redusă. Un exemplu în acest sens este Discovery STM32F4, care, spre deosebire de soluțiile profesionale precum dSPACE sau Speedgoat, dispune de o putere de calcul mai redusă. Cu toate acestea, pentru aplicații mai simple, unde cerințele de simulare nu sunt foarte exigente, astfel de platforme pot asigura un mediu eficient pentru testarea și validarea strategiilor de control, oferind o soluție flexibilă și accesibilă pentru prototipare rapidă și simulări HIL.

5.4. Studiu de caz: proiectarea unui robot paralel cu două grade de mobilitate

Proiectarea și analiza sistemelor mecatronice complexe, precum roboții paraleli, impun utilizarea unor metode avansate de modelare, simulare și validare pentru a asigura performanțe optime. Acest studiu de caz prezintă etapele de dezvoltare a unui robot paralel cu două grade de mobilitate, prin evidențierea unor aspecte esențiale precum modelarea cinematică și dinamică, strategiile de control și testarea prin simulări. Robotul propus are configurația unui mecanism pentalater, fiind conceput pentru a oferi precizie și rigiditate ridicată. În subcapitolele următoare, se va detalia realizarea modelului CAD (Computer-Aided Design), apoi utilizarea acestuia ca suport pentru un prototip virtual în mediul de simulare Matlab/Simulink, iar în final dezvoltarea algoritmului de control și testarea funcțională a sistemului.

5.4.1 Analiza structurală și cinematică

Schema cinematică a robotului dezvoltat este prezentată în figura 5.10. Sistemul este alcătuit dintr-un lanț cinematic principal, format din elementele 1, 2, 3 și 4, și un lanț cinematic secundar, compus din elementele 5, 6 și 7. Elementul cinematic 8 reprezintă efectorul final al robotului. Cele două lanțuri cinematice permit modificarea poziției platformei 8 de-a lungul axelor O_1x și O_1y , menținând o orientare constantă față de acestea.

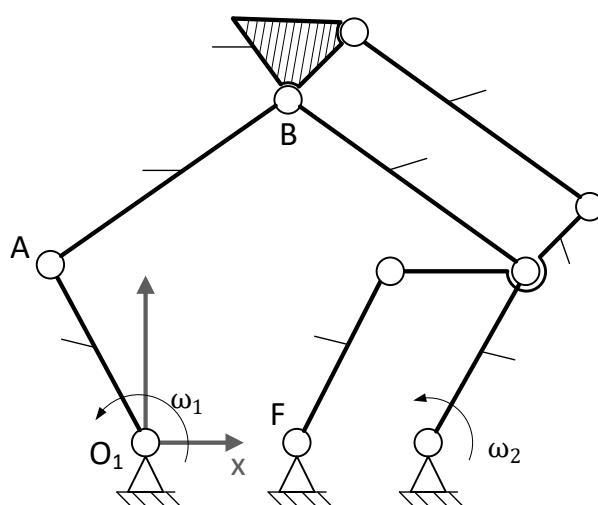


Fig. 5.10. Schema cinematică a soluției propuse

Robotul are două grade de mobilitate, elementele motoare fiind 1 și 4. Pentru determinarea gradului de mobilitate se utilizează relația 5.1 [8].

$$M = 3n - 2C_5 - C_4 = 2 \quad 5.1$$

unde: $n = 8$ reprezintă numărul de elemente mobile

$C_5 = 11$ reprezintă numărul cuplelor de clasa 5

$C_4 = 0$ reprezintă numărul cuplelor de clasa 4

Pentru a rezolva problema pozițională, este necesară determinarea ecuațiilor care descriu variația unghiulară a celor două elemente motoare, având ca punct de plecare o traiectorie prestabilită a efectorului final. În această analiză, nu se iau în considerare forțele și momentele care generează mișcarea. Traectoria impusă efectorului final este reprezentată printr-o succesiune de puncte în spațiul de lucru. Prin intermediul cinematicii inverse, se determină parametrii din cuplele motoare în funcție de coordonatele efectorului final.

Analiza cinematică se realizează pentru lanțul cinematic principal, considerând mecanismul pentalater cu configurația prezentată în figura 5.11. Pentru acest sistem sunt cunoscute lungimile elementelor cinematice, l și L , coordonatele cuplelor motoare O_1 și O_2 , precum și poziția efectorului final P_x, P_y , necesare pentru determinarea ecuațiilor cinematicii inverse.

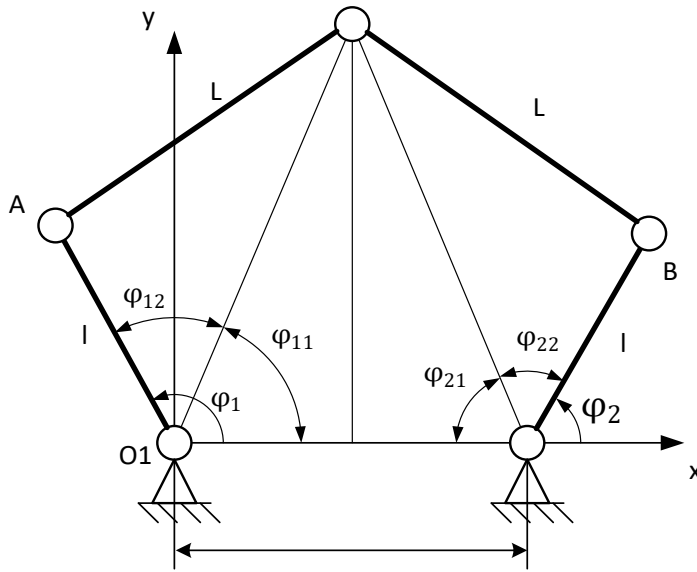


Fig. 5.11 Cinematica inversă a pentalaterului

Elementele conducătoare sunt 1 și 4 corespunzătoare motoarelor din cuplele O_1 și O_2 . Pentru calculul analizei cinematice inverse nu se vor lua în considerare elementele 5, 6, 7 și 8, întrucât mișcarea lor nu influențează poziția efectorului final.

Valoarea unghiulară φ_1 ce definește poziția elementului conducător 1 poate fi determinată prin însumarea unghiurilor φ_{11} și φ_{12} . Din triunghiul PO_1C se poate determina valoarea unghiulară pentru φ_{11} :

$$\varphi_{11} = \arccos\left(\frac{x}{\sqrt{x^2+y^2}}\right) \quad (5.2)$$

Valoarea unghiului φ_{12} , se determină din triunghiul PAO_1 :

$$\varphi_{12} = \arccos\left(\frac{l^2+x^2+y^2-L^2}{2 \cdot l \cdot L}\right) \quad (5.3)$$

Similar se poate determina și valoarea pentru unghiul φ_2 ce definește poziția elementului conducător 2. În triunghiul PO_2C :

$$\varphi_{21} = \arccos\left(\frac{d-x}{\sqrt{(d-x)^2+y^2}}\right) \quad (5.4)$$

În triunghiul PO_2B :

$$\varphi_{22} = \arccos\left(\frac{l^2 + (d-x)^2 - y^2 - L^2}{2 \cdot l \cdot \sqrt{(d-x)^2 + y^2}}\right) \quad (5.5)$$

Unghiul aferent elementului conducător 1 va fi:

$$\varphi_1 = \varphi_{11} \pm \varphi_{12} \quad (5.6)$$

$$\varphi_1 = \arccos\left(\frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2}}\right) \pm \arccos\left(\frac{l^2 + x^2 + y^2 - L^2}{2 \cdot l \cdot L}\right) \quad (5.7)$$

Unghiul aferent elementului conducător 2 va fi:

$$\varphi_2 = \varphi_{21} + \varphi_{22} \quad (5.8)$$

$$\varphi_2 = \pi - \left[\arccos\left(\frac{d-x}{\sqrt{(d-x)^2 + y^2}}\right) \pm \arccos\left(\frac{l^2 + (d-x)^2 + y^2 - L^2}{2 \cdot l \cdot \sqrt{(d-x)^2 + y^2}}\right) \right] \quad (5.9)$$

Dacă valoarea pentru $P_x < 0$, se alege semnul „-” în calculul lui φ_1 (ecuația 5.7), iar dacă $P_x > d$, se alege semnul „-” în cazul calcului lui φ_2 (ecuația 5.9).

5.4.2 Dezvoltarea modelului virtual

Dezvoltarea modelului virtual constituie una dintre primele etape în procesul de proiectare a unui sistem mecatronic, având un rol important în acest demers. În cadrul acestei etape, se pot dezvolta și testa algoritmi de control, iar diverse componente ale structurii sistemului pot fi optimizate înainte de realizarea prototipurilor fizice. Utilizarea unui model CAD al sistemului permite vizualizarea detaliată a componentelor și interacțiunilor acestora, facilitând ajustări rapide și precise [7]. De asemenea, această metodă contribuie la crearea unor sisteme mai compacte, flexibile și eficiente, într-un timp mai scurt și cu costuri reduse.

Structura mecanică a robotului s-a proiectat în Solidworks și este prezentată în figura 5.12. Modelul dezvoltat integrează atât lanțul cinematic principal cât și lanțul cinematic secundar.

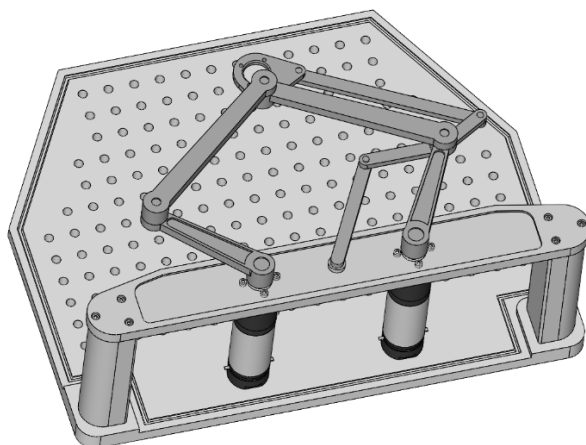


Fig. 5.12 Modelul CAD al robotului

Pornind de la modelul CAD al robotului se poate obține modelul dinamic al acestuia prin importarea în Matlab cu ajutorul bibliotecii *Simscape*. *Simscape Multibody* este un instrument din cadrul MATLAB & Simulink care permite modelarea, simularea și analiza sistemelor mecanice complexe (sisteme cu corpuri rigide interconectate prin legături mecanice) [6][12]. Este utilizat pentru proiectarea și testarea sistemelor, prin simularea mișcării în timp, ținând cont de forțe, momente, inerții, frecări etc. ce influențează dinamica acestuia. Permite interacțiunea cu instrumente Simulink Control Design, Simscape Electrical, și alte librării pentru a dezvolta modele ale sistemelor mecatronice cât mai complexe, ce includ algoritmi de control.

Mediul Matlab/Simulink permite dezvoltarea prototipului virtual pornind de la modelul CAD al sistemului, ecuațiile dinamice pentru structura modelată fiind generate automat. În acest context, importarea modelului CAD în mediul de simulare presupune adăugarea proprietăților fie de masă, densitate sau material. Pentru robotul dezvoltat, în cazul elementelor elementele cinematice mobile s-a folosit ca material un plastic de tip PLA folosit pentru imprimarea 3D.

Din mediul *Assembly SolidWorks* se alege *Simscape Multibody Link/ Export/ Simscape Multibody* și se exportă ansamblul ca fișier *.xml*. În Matlab, în zona *Command*, prin comanda `"smimport('Nume_fisier.xml')"` se creează un nou model *Simulink* care va

conține blocuri Simscape ce definesc structura robotului. Alături de aceste blocuri modelul va conține și blocuri specifice extensiei Simscape Multibody, și anume: *World Frame* – sistemul de referință global, care este un sistem de coordonate ortogonal, predefinit în orice model mecanic, *Mechanism Configuration* - care setează parametrii mecanici și de simulare aplicați întregului sistem (acceleerația gravitațională și delta de liniarizare, un parametru care influențează calculul derivatelor parțiale numerice pentru liniarizare) și *Solverul* – definește metoda și modul în care va fi calculată întreaga simulare (figura 5.13).

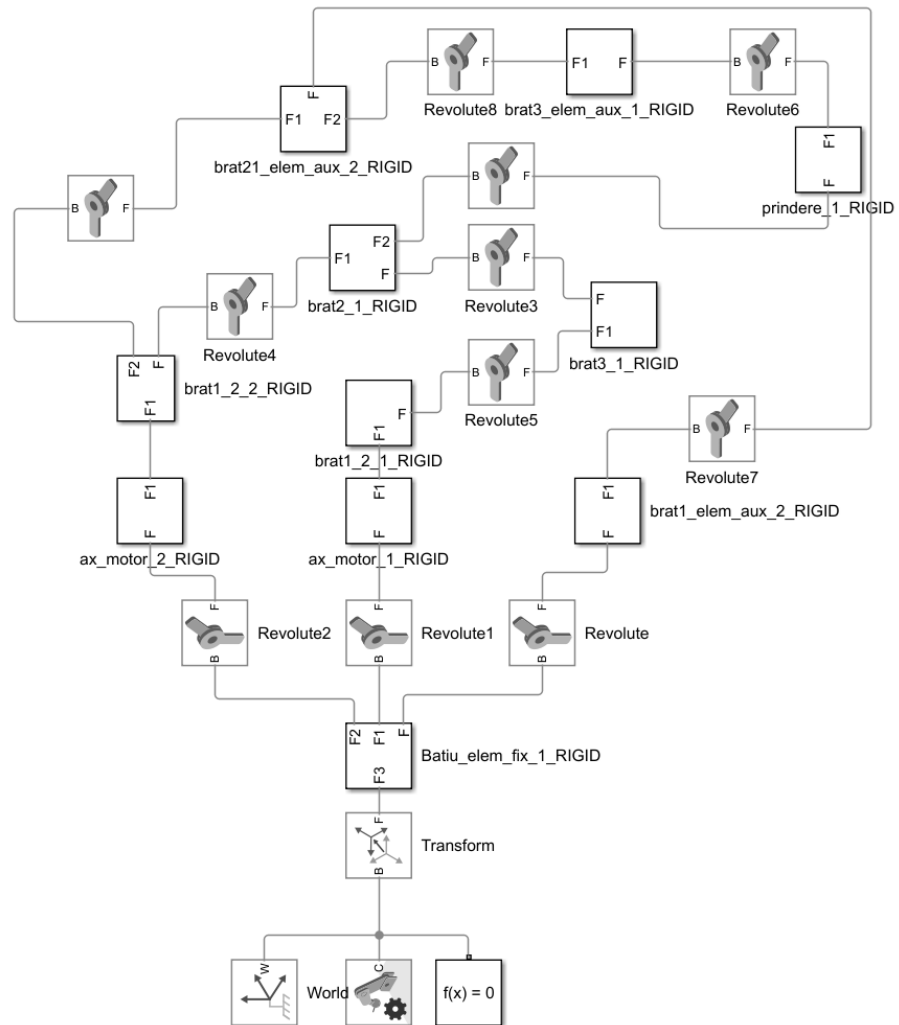


Fig. 5.13 Modelul dinamic în Simscape

Acționarea robotului se face prin intermediul a două motoare de curent continuu. Aceste motoare sunt modelate folosind *Simscape* și conectate ca elemente de acționare în blocurile cuplelor *Revolute 1* și *Revolute 2*, (având corespondențele O_1 respectiv O_2 din schema cinematică, figura 5.10).

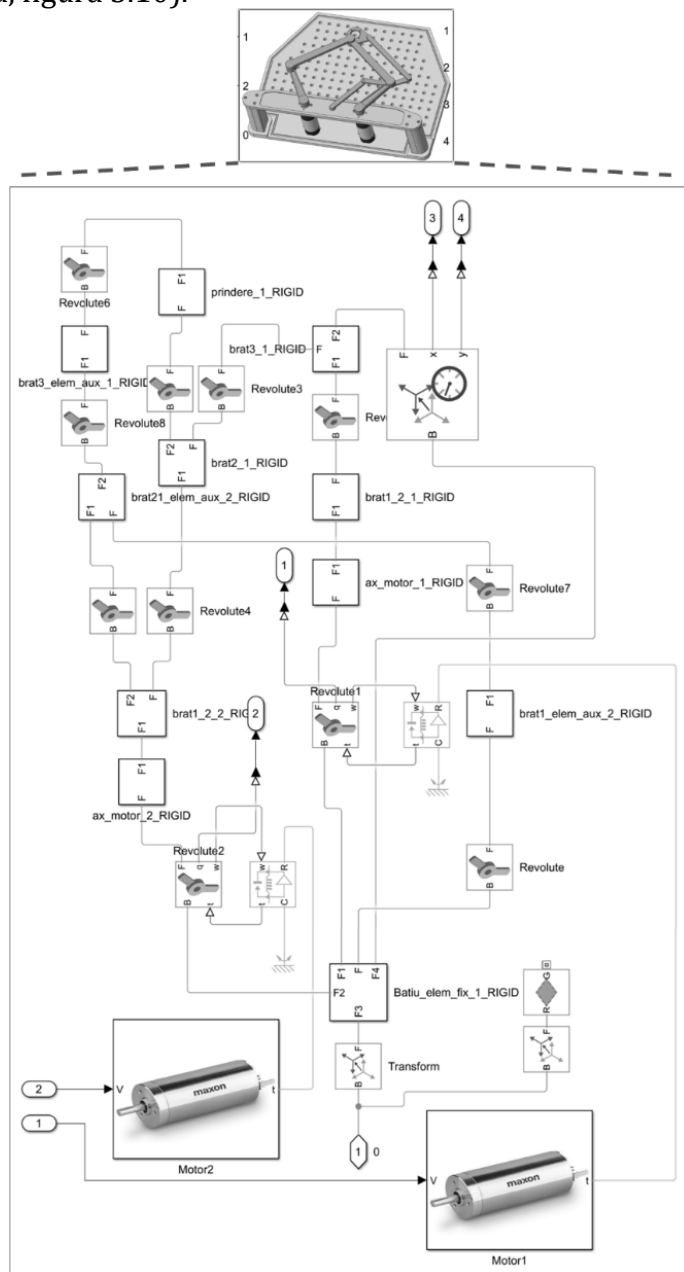


Fig. 5.14 Modelul virtual al robotului

Modelul astfel obținut (figura 5.14) va fi un subsistem în schema generală de control, având ca intrări tensiunile aplicate motoarelor, ieșirile fiind pozițiile unghiulare ale cuplelor motoare (φ_1, φ_2), măsurate prin senzori virtuali, împreună cu poziția în plan a efectorului final (P_x, P_y). Aceasta s-a determinat folosind blocul *Transform Sensor* configurat să determine poziția relativă liniară între două sisteme de referință (cel al batiului – fix, iar celălalt al efectorului final).

Motorul de curent continuu ales este EN 22 111 DCX 26 L. Acesta este produs de firma Maxon, parametri săi au fost extrași din fișa de catalog a producătorului și sunt prezentați în tabelul de mai jos.

Tabel 5.3.1 Parametri motor Maxon DCX 26 L [11]

Denumire	Notăție	Valoare	Unitate de măsură
Rezistență bobină	R_a	0.671	[Ω]
Inductanță bobină	L_a	$0.129 \cdot 10^{-3}$	[H]
Constanta mecanică	k_m	0.021459035	[Nm/A]
Constanta electrică	k_e	0.021459035	[Vs/rad]
Moment de inerție mecanic	J	$21.4 \cdot 10^{-7}$	[kgm ²]
Constantă de frecare	b	$2.1838 \cdot 10^{-6}$	[Nms/rad]
Tensiune de alimentare	U_a	12	[V]
Turația de mers în gol	NoLoadSpeed	5330	[rpm]
Curentul de mers în gol	NoLoadCurrent	$56.8 \cdot 10^{-3}$	[A]
Moment nominal	M_r	$46.1 \cdot 10^{-3}$	[Nm]

Pentru generarea cuplului și vitezelor unghiulare necesare acționării robotului, motorul este conectat la robot prin intermediul unui reductor Maxon GPX 26 cu trei trepte de reducere, și cu un raport de reducere de $i=103$.

Pentru modelarea ansamblului motor-reductor s-au folosit elemente din *Simscape/Foundation Library Mechanical* și *Electrical* și anume: *Controlled Voltage Source*, *Resistor*, *Inductor*, *Rotational*

Electromechanical Converter, Rotational Damper, Inertia și Gear Box. Modelul motorului cu elemente Simscape este prezentat în figura 5.15.

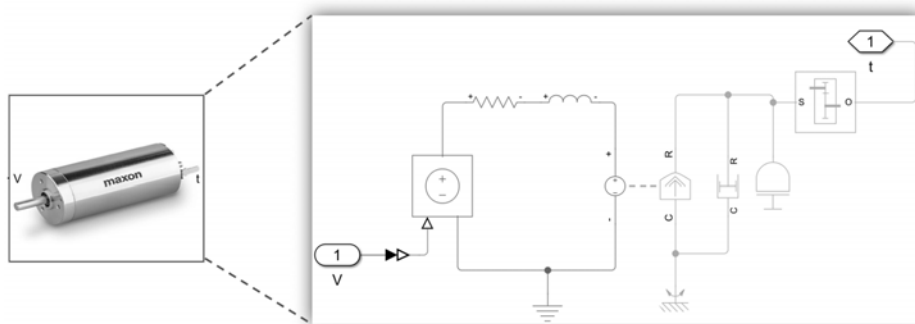


Fig. 5.15 Modelare motor DC

Traectoria aleasă pentru a testa funcționarea robotului este una circulară. Comanda în acest sens este implementată în model ca funcție de tip *MATLAB Function* având ca parametri de intrare coordonatele (X_C, Y_C) reprezentând centrul unui cerc cu rază $r = 30 \text{ mm}$ aflat în spațiul de lucru al robotului. Semnalul de tip *Clock* a fost utilizat pentru furnizarea timpului curent al simulării utilizat la generarea traectoriei.

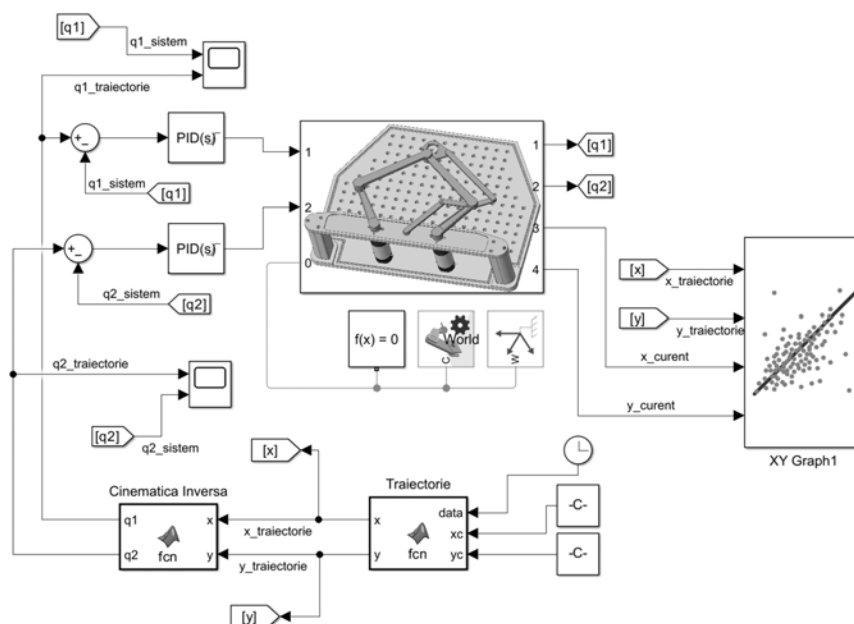


Fig. 5.16 Modelul întregului proces

Blocul *Cinematica Inversa* preia valorile (x,y) din *Traietorie* și returnează pozițiile unghiulare pentru cei doi actuatori utilizând ecuațiile 5.7 și 5.9 din subcapitolul 5.4.1.

Controlul pozițional al motoarelor se face prin intermediul a două controlere de tip PID, care vor determina semnalul de comandă pentru cei doi actuatori. Acordarea parametrilor K_p , K_I , K_D se realizează folosind aplicația *Tune* din cadrul MATLAB. Valorile obținute sunt $K_p = 2.15$, $K_I = 57.36$, $K_D = 6.74$.

În figura 5.17 este prezentată traiectoria circulară impusă efectorului și răspunsul robotului, iar în figurile 5.18, 5.19 sunt prezentate variațiile pozițiilor unghiulare ale motoarelor, împreună cu semnalele de referință calculate pe baza traiectoriei.

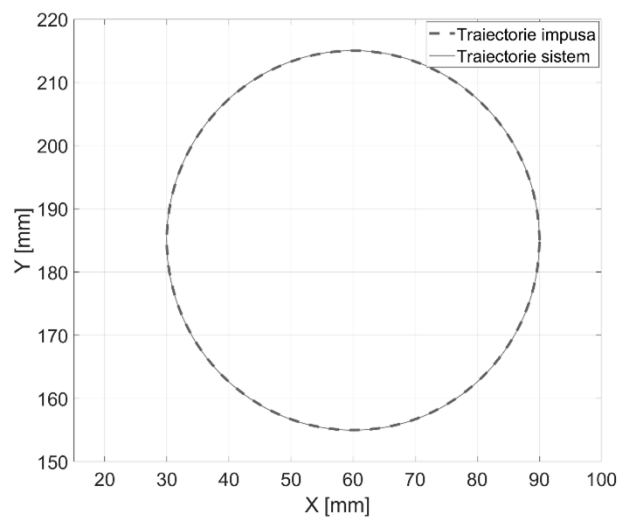


Fig. 5.17 Traietoria robotului

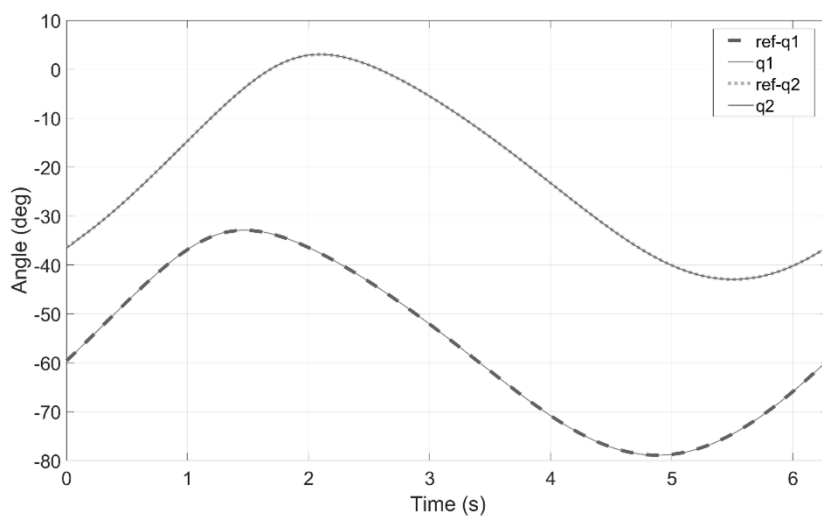


Fig. 5.18 Variația pozițiilor motoarelor

În figura 5.19 se prezintă variația semnalului de control aplicat celor două motoare de curent continuu.

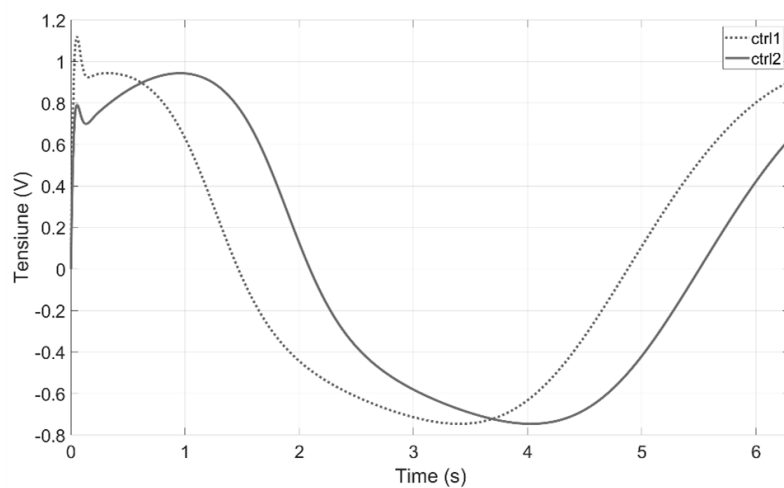


Fig. 5.19 Semnalele de comandă aplicate motoarelor de curent continuu

Bibliografie

- [1] Schwab, K., PDF The Fourth Industrial Revolution, World economic forum, 2016.
- [2] Hehenberger, P., Mechatronic Futures: Challenges and Solutions for Mechatronic Systems and their Designers, Ed. Springer, 2016.
- [3] Maties, V., ș.a., Tehnologie și educație mecatronică, Ed. Todesco, Cluj-Napoca, 2001.
- [4] Lăpușan, C., Cercetări privind proiectarea integrată și interfațarea sistemelor mecatronice, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj Napoca, România, 2010
- [5] Isermann, R., *Mechatronic Systems, Fundamentals*, Ed. Springer, Londra, Anglia, 2005.
- [6] Lapusan, C., Bălan, R., Modelarea și simularea sistemelor mecatronice – Aplicații, Ed. Todesco , Romania, 2012.
- [7] Lapusan, C., Sisteme integrate in ingineria de precizie, Ed. UTPress, Romania, 2020.
- [8] Calin Rusu, Mecanisme, Ed. UTPRESS 2021.
- [9] Lapusan, C., Proiectare asistata de calculator, Ed. U.T. Press, Romania, 2020.
- [10] P. O.J. Kaltjob, Control Of Mechatronic Systems, Ed. Wiley, 2021
- [11] Mătieș, V., (coord.) Platforma Nationala de Mecatronica, Ed. U.T. Press, Romania, 2016.
- [11] www.maxongroup.com – informații fisa tehnica motor cc DCX 26 L
- [12] www.mathworks.com/products/simscape-multibody.html - informații biblioteca Simscape

6. Mecatronica - Mediu pentru educație smart, învățare organizațională și dezvoltare sustenabilă

Liliana Dache, Sorin Besoiu, Ciprian Rad, Vistrian Mătieș

6.1. Evoluția în dezvoltarea tehnologiei, a societății și a educației

6.1.1. Evoluția tehnologică

Tehnologia constituie un element ce influențează evoluția culturii și civilizației umane deoarece, progresul tehnologic, alături de factorii demografici, sistemele de valori și ideologie reprezintă un factor capabil să producă o schimbare socială.

Cuvântul „tehnologie” a rezultat din cuvintele grecești *tehnos* = artă, meșteșug și *logos* = știință, astfel încât prin tehnologie se înțelege arta de a produce bunuri materiale sau știința meșteșugurilor. Noțiunea a evoluat și astăzi, conform Lexiconului tehnic român tehnologia este definită ca fiind „știința metodelor și a mijloacelor de prelucrare a materialelor”, respectiv „ansamblul proceselor tehnologice folosite pentru realizarea unui produs”. Tehnologia fiind cea care oferă instrumentele, metodele și normele necesare într-o activitate productivă, include trei dimensiuni[73]: o dimensiune materială, care reprezintă ansamblul de unelte, instalații, mașini și dispozitive utilizate în anumite activități sociale, o dimensiune normativă, care reprezintă normele de utilizare și rețelele de organizare asociate unei tehnologii și o dimensiune socială, care reprezintă ansamblul de abilități și comportamente individuale și colective, precum și de norme sociale generate de utilizarea unei anumite tehnologii.

Evoluția și dezvoltarea acestor dimensiuni au produs de-a lungul timpului revoluții care au influențat și evoluția societății umane. Revoluțiile reprezintă „transformarea radicală a structurii unei economii prin schimbarea tipului de energie folosită, utilizarea unor noi sisteme de mașini și de forme de organizare a producției”[73].

Alvin Toffler a reușit să surprindă în cartea sa, „Al treilea val”, o sinteză a evoluției tehnologiei și civilizației umane, descriind trei revoluții care au generat, la rândul lor, *trei valuri de dezvoltare* (Fig.6.1.)[68].

Pentru a supraviețui omul a fost nevoit să vâneze și să se deplaseze în locuri care îi asigurau posibilitatea obținerii hranei.

Această nevoie permanentă de hrană și de satisfacere a nevoilor materiale au creat premisele pentru dezvoltarea agriculturii astfel încât prima revoluție tehnică din istoria omenirii a fost consemnată ca fiind revoluția în agricultură, numită și revoluția materială. *Primul val* a început în anul 8000 î.e.n și s-a sfârșit prin anii 1650-1750 e.n. fiind caracterizat prin utilizarea unor surse de energie regenerabile și a unei forțe de muncă umană și animală, rezultatul fiind satisfacerea unor nevoi proprii.

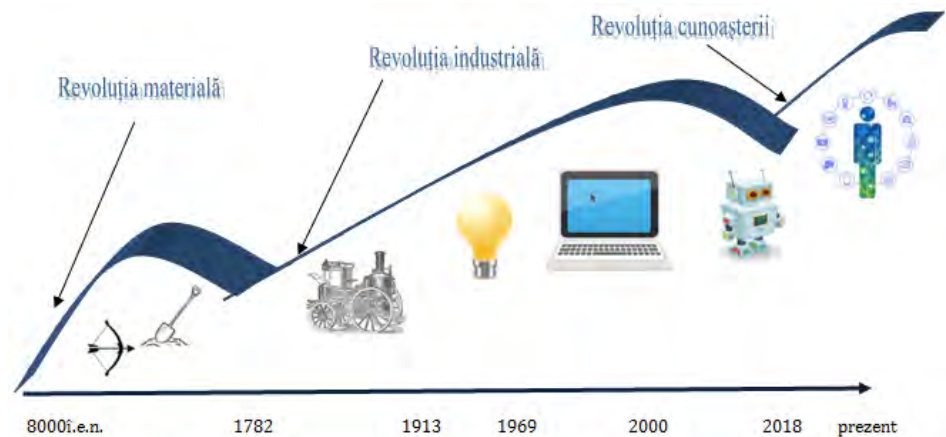


Fig. 6.1. Cele trei valuri de dezvoltare ale tehnologiei

Dezvoltarea lentă a uneltelor, dispozitivelor și sistemelor create și realizate de către om, începând din paleolitic și până în secolul al XVIII-lea, a fost înviorată odată cu inventarea mașinii cu abur de către James Watt în 1788. Din acest moment sistemele tehnice au cunoscut o evoluție rapidă, marcându-se astfel începutul revoluției industriale. Aceasta a generat apariția celui de *al doilea val* a cărui trăsătură principală o reprezenta „mecanicismul”, totul fiind organizat după modelul unei mașinării. Elementele de bază ale acestui val erau: standardizarea (aplicarea unor legi, criterii care să poată fi valabile în orice domeniu), specializarea (angajații să realizeze o singură cerință), sincronizarea (realizarea de activități/cerințe în același timp), concentrarea (resursele au devenit limitate), maximizarea (cu cât un lucru era mai mare se considera mai eficient) și centralizarea (coordonarea de la un punct comun).

În cel de-al doilea val munca fizică, în cea mai mare parte a fost înlocuită cu lucrul mecanic efectuat de către mașini, sursele de energie fiind combustibilii fosili, care reprezintă surse neregenerabile.

Producția de consum, din primul val a devenit o producție de masă, astfel încât fiecare om a devenit dependent de produsele și serviciile altuia.

Cel de-al doilea val, marcat de revoluția industrială, poate fi detaliat, în funcție de descoperirile făcute, în patru etape (sau revoluții).

Prima revoluție industrială, cunoscută sub denumirea de revoluția energetică, este dominată de utilizarea puterii aburului și apei pentru a mecaniza producția, anul 1782 fiind cel care marchează începutul acesteia. A doua revoluție industrială demarează în 1870, odată cu apariția motorului de curent continuu, și mai apoi, în 1889 a motorului de curent alternativ, motoare ce au permis, la începutul secolului 20, realizarea unor sisteme mecanice cu acționare electrică (pompe, mașini unelte, etc.), și au dat denumirea de revoluția electrică. Începând din 1940, când Russell S. Ohl demonstrează posibilitatea realizării joncțiunii pn pe bază de siliciu, are loc o „explozie” în domeniul electronicii și informaticii. Integrarea electronicii și a tehnicii de calcul în sistemele mecanice și apariția Controlerelor Programabile Logice (PLC) în anul 1969 au permis automatizarea producției, revoluția purtând numele de revoluția digitală.

Ce-a de a patra revoluție industrială determină o conectivitate între elementele unui proces de fabricație, produsul care urmează a fi realizat fiind capabil să interacționeze cu echipamentele de fabricație și să transmită acestora cerințele pentru următoarea fază a procesului de prelucrare. Obținerea unui sistem inteligent de producție[68] capabil să comunice și să ia decizii în mod autonom reprezintă imaginea acestei revoluții industriale denumită revoluția mecatronică.

Evoluția tehnologiilor în era industrială este evidențiată și în figura 6.2.

Ce-a de a patra revoluție industrială a netezit calea celui de *al treilea val*, cel care își adună forțele în prezent și care ne ajută să privim spre viitor. În viziunea lui Toffler, cel de-al treilea val este considerat[68]: „o epocă spațială, a informaticii și electronicii”. Noi științe și tehnologii vor guverna acest val: electronica cuantică, teoria informației, biologia moleculară, oceanologia, nucleonica, ecologia și științele spațiale.

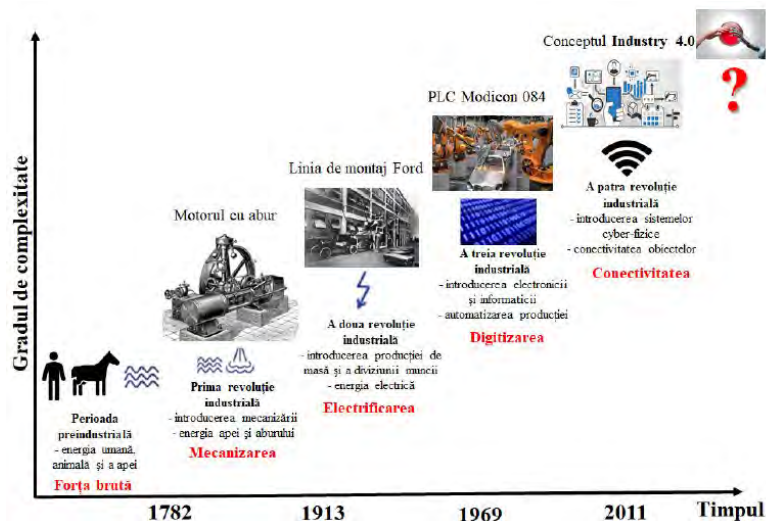


Fig.6.2. Evoluția detaliată a tehnologiilor [68]

„Guvernele alocă sume exorbitante pentru cercetarea spațiului cosmic și dezvoltarea științei spațiale. Se spune că unele firme vor să producă în spațiu produse care pe pământ nu pot fi realizate datorită gravitației. S-a demonstrat că oceanul ne poate oferi resurse imense de proteine și mai ales metale prețioase precum argint și aur ce pot alimenta populația ani de zile. Pe mari oceane se vor construi adevărate orașe și noi civilizații independente. Dar, cea mai importantă dintre toate, pare a fi industria biologiei, mai exact a genelor. (...) Se va găsi leac pentru nenumărate boli și va crește speranța de viață.” [68, cap.12]

Tehnologia celui de al treilea val permite stocarea nelimitată a informației fără să existe riscul pierderii sau deteriorării acesteia, și dă mediului înconjurător inteligență. Producția de bunuri devine personalizată, iar distanța dintre producător și consumator este extrem de mică. În comparație cu cel de-al doilea val, se produce din nou doar pentru consumul propriu. Munca, în cea mai mare parte se desfășoară de acasă, în fața calculatorului. Resursele energetice utilizate se doresc a fi regenerabile, tehnologia fiind dominată de tot ceea ce înseamnă ecologie. Apar noi resurse: hidrogenul, energia solară, geotermală, mările, care vor lua locul resurselor vechi.

Tehnologia celui de al treilea val va permite țărilor slab dezvoltate, aflate încă în primul val tehnologic să facă salturi majore peste cel de al doilea val, ajungând din urmă țările avansate.

Din punct de vedere al dimensiunii normative și sociale, tehnologiile de fabricație sunt, la rândul lor specifice fiecărei ere. Producția de consum orientată spre individ caracterizează era materială și începutul celei industriale dar, odată cu dezvoltarea proceselor tehnologice producția a devenit de masă, orientată spre produs. Apariția sistemelor flexibile de fabricație a determinat o producție personalizată de masă, orientată spre grupuri de consumatori, urmând ca producția să redevină, spre sfârșitul erei industriale, o producție personalizată, orientată pe consumatorul individual rezultând astfel un traseu ciclic al tehnologiilor de fabricație (Fig. 6.3.) de-a lungul timpului [6].

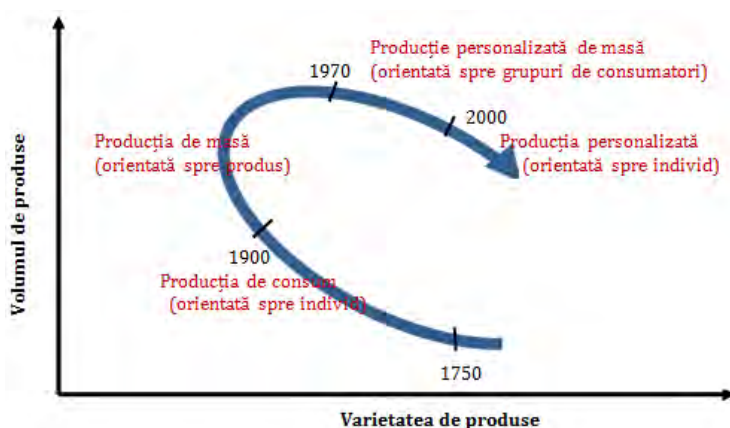


Fig.6.3. Evoluția ciclică a fabricației [6]

În momentul în care fiecare consumator își va produce singur bunurile de care are nevoie utilizând tehnologii avansate și programe adecvate descărcate prin cloud, ciclul se va închide complet. Se observă o revenire la tipul de producție din comuna primitivă, când fiecare individ își producea singur bunurile necesare.

6.1.1.1. Deschideri în dezvoltarea tehnologică datorate celei de a patra revoluții industriale

Utilizarea în procesele de producție și în conectivitatea acestora a sistemelor ciber-fizice coincide cu începutul celei de a patra revoluții industriale. Conceptul de Industrie 4.0 a fost lansat în Germania, fiind prezentat în discursul de deschidere al Târgului de la Hanovra din 2011 de către cancelarul Germaniei, Angela Merkel [59].

Implementarea strategiei Industry 4.0 beneficiază de o serie de tehnologii avansate, după cum urmează (Fig.6.4.): internetul obiectelor (IoT), prelucrarea datelor, manufacturarea produselor în „cloud” (cloud

manufacturing), prelucrarea prin adăugare de material (Additive Manufacturing), realitatea augmentată, Big Data, roboții autonomi, simularea proceselor, integrarea sistemelor pe verticală și orizontală [59-60].

Cele zece tehnologii pot fi considerate piloni ai progresului tehnologic. Senzorii, mașinile, piesele și sistemele informatice pot fi conectate dincolo de o singură întreprindere, pot interacționa între ele folosind protocoale standard bazate pe internet și pot analiza date pentru a anticipa defecțiunile, pentru a se configura și pentru a se adapta schimbărilor. Colectarea și analizarea datelor pe mașini permite procese mai rapide, mai flexibile și mai eficiente pentru a produce produse de calitate superioară la costuri reduse, sporind productivitatea fabricării.

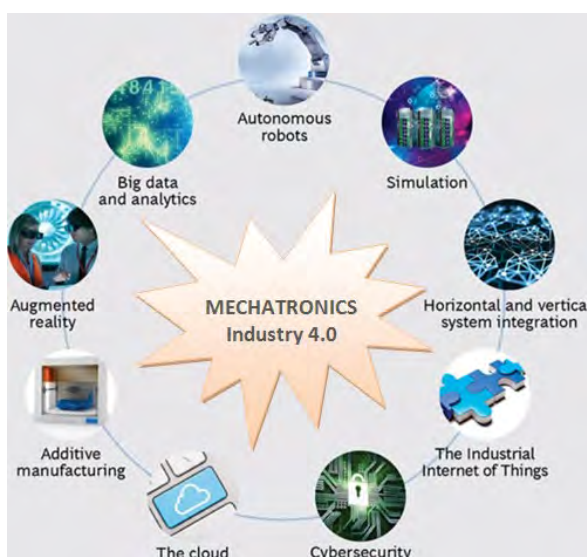


Fig.6.4. Tehnologii specifice celei de a patra revoluții industriale.
Varianta completată. [37]

Pentru a evidenția modul în care tehnologiile Industry 4.0 influențează procesul de fabricație se consideră structurile lanțurilor de proces într-un sistem de fabricație clasic și unul specific pentru Industry 4.0 (Fig. 6.5.).

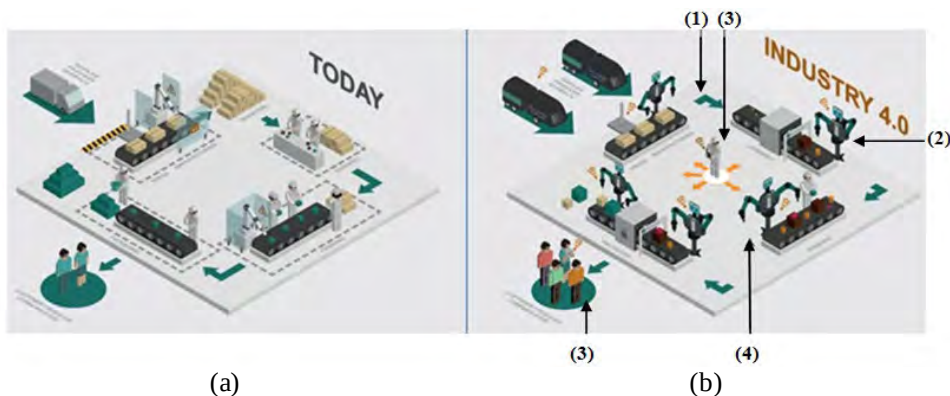


Fig. 6.5. Structura lanțurilor de proces într-un sistem de fabricație clasic (a) respectiv unul specific pentru Industry 4.0 (b) [37], [68]

În sistemul de fabricație clasic (Fig.6.5.-a) celulele de lucru sunt independente, iar procesul de fabricație se desfășoară într-un flux de fabricație bine definit. În sistemul de fabricație specific pentru Industry 4.0 (Fig.6.5.-b) atât fluxul produselor cât și al datelor sunt integrate între ele.

În noul concept de fabricație se evidențiază următoarele caracteristici [37,60]: o comunicare integrată de-a lungul întregului ciclu de lucru; un grad ridicat de automatizare care va duce la înlocuirea cu roboți a operatorilor cu grad scăzut de calificare; creșterea numărului de persoane cu grad înalt de calificare pentru monitorizarea și managementul fluxului de fabricație; creșterea gradului de comunicare între mașini (Machine to Machine) respectiv, între mașină și om (Machine to Human); utilizarea unor programe de inteligență artificială în fiecare structură a lanțului tehnologic pentru optimizarea întregului lanț de proces.

Industry 4.0. va oferi companiilor o serie de principii care să permită implementarea unei noi viziuni, aceea de Smart Factory, ceea ce va revoluționa industria, rezultând o creștere a valorii și calității produselor având efect asupra forței de muncă și a modelelor de business.

6.1.1.2. A patra revoluție industrială pentru domeniul electric și electronic

În anul 2016, la cea de a 46- a ediție a Forumului Economic Mondial de la Davos, au fost abordate trei teme principale, una dintre acestea fiind ce-a de a patra revoluție industrială. Aceasta este

caracterizată „printr-o fuziune de tehnologii care subțiază hotarele dintre lumi - cea fizică, cea digitală și cea biologică” [10].

A patra revoluție industrială se manifestă în domeniul electric și electronic prin apariția de materiale, componente și tehnologii care revoluționează atât domeniul digital cât și celelalte domenii conexe.

Inventarea tehnologiei semiconductoarelor pe bază de siliciu și a tranzistorului, a reprezentat, în 1947, începutul erei electronicelor. Mulți ani, siliciul a fost singura opțiune pentru componentele electronice, dar după șapte decenii în care am devenit înconjurați de dispozitive electronice de care depind viața noastră cotidiană, au apărut noi descoperiri și tendințe care vor fi explorate și dezvoltate în următorii ani.

În anul 2010, premiul Nobel a fost acordat unor cercetători de la Universitatea din Manchester pentru descoperirea unui material „minune”: *grafenul*.

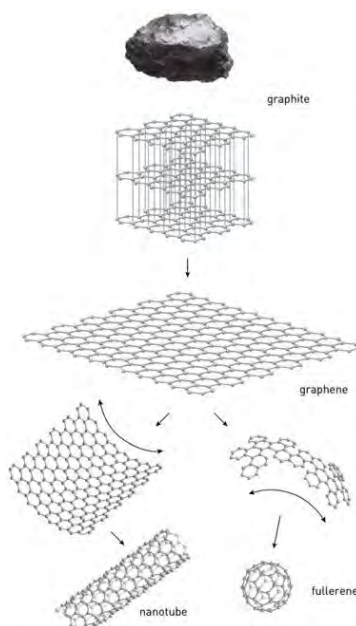


Fig. 6.6. Obținerea din grafit a grafenului, respectiv a unui alotrop sferic sau tubular

Considerat cel mai subțire material din lume, o foaie de grafen are grosimea unui atom, motiv pentru care este privit drept un material 2D. Cei doi cercetători, Andre Geim și Kostya Novoselov au obținut grafenul din fulgi de grafit, acesta fiind un conductor mai bun decât cuprul, de 300 de ori mai puternic decât oțelul, aproape transparent, mai dens decât

heliul, astfel încât cel mai mic atom de gaz nu poate trece prin el. Trăsăturile acestui material reprezintă pentru electronică un adevărat punct de lansare spre noi performanțe în domeniu. Astfel, grafenul ar putea fi folosit pentru producerea de tranzistori ultrarapizi, display-uri flexibile, ar putea spori eficacitatea laserelor și a fotodiodelor și ar putea contribui la modificarea bateriilor și celulelor solare utilizate în domeniile producției și stocării energiei [74].

Grafenul este considerat materialul care a dat startul revoluției 2D în domeniul electronicii. Structura de tip fagure corespunzătoare grafenului poate fi întâlnită și la alte forme alotrope cu grosimea de un atom ale siliciului, fosforului și staniului, cunoscute ca silicen, fosforen și stanen. Datorită acestor materiale devine posibilă miniaturizarea produselor electronice și sporirea performanțelor acestora. În prezent se dezvoltă aplicații pe bază de grafen de către companii precum Samsung și Apple.

Alan J. Heeger, Alan G. MacDiarmid și Hideki Shirakawa au dezvoltat studii în domeniul polimerilor conductivi, demonstrând că plasticul poate conduce electricitatea, descoperire ce le-a adus în anul 2000 premiul Nobel. Având o structură alcătuită din molecule pe bază de carbon sau polimeri care folosesc sinteza chimică s-au obținut în urma studiilor, *materialele electronice organice*. Acestea se pot folosi sub formă de cristale sau straturi subțiri, având un comportament de izolatori (parilena, polistirenul, polimetilmetacrilatul), semiconductori (pentacen, tetracen, rubren, tetracanochinodimetanul, polihidroxiolate), metale (polistirenul sulfonat), supraconductori (Tetrametil-tetraselenafulvalen, Tetrametiltetrathiahiavalen, Bis ethylenedithio tetrat hiafulvalene).



Fig. 6.7 Materiale electronice organice[74]

Caracteristicile reprezentative pentru materialele electronice organice sunt flexibilitatea mecanică, adaptabilitatea,

biocompatibilitatea și costurile reduse. Astfel sunt utilizate pe scară largă în obținerea de produse high-tech, cele mai întâlnite fiind televizoarele cu ecran curbat, ecranele smartphone-urilor și celulele solare portabile.

Alături de cele trei elemente pasive folosite în realizarea circuitelor electronice: rezistor, bobină și condensator, în anul 1971, profesorul Leon Chua de la Universitatea din California a propus un al patrulea element al plăcuței de circuite, **memristorul**. Abia în 2007, o echipă de la laboratoarele Hewlett-Packard au publicat un articol în revista Nature despre importanța acestui „memory resistor” [74].

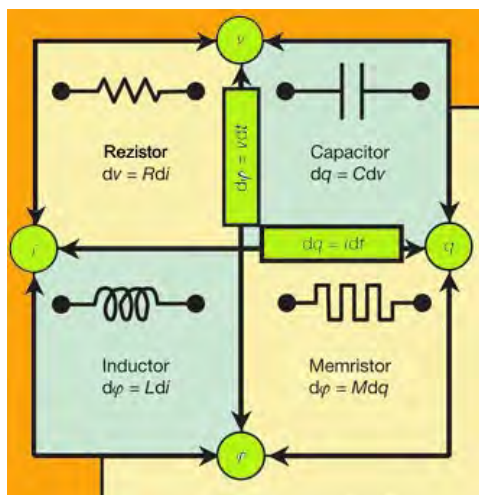


Fig. 6.8 Cele patru elemente ale unui circuit electronic: rezistor, condensator, bobină, memristor [74]

Considerat de către Stan Williams că este „în esență, un rezistor cu memorie” [74], componenta permite stocarea informației după ce alimentarea circuitelor a fost decuplată. Dacă în timpul funcționării unui tranzistor convențional există un flux de electroni care se întrerupe la „stingerea” sistemului, memristorul combină electronii cu ioni-sau atomi încărcăți electric și stochează informație despre sarcina care l-a traversat, chiar și atunci când nu mai este alimentat.

Potențialul pe care îl aduce acest element în dezvoltarea electronicii a făcut ca cercetătorii să considere apariția unei noi ere în acest domeniu, „era ionică” [10]. Dispozitivele de stocare mai rapide, mai sigure și mai eficiente construite pe baza memristoarelor nu vor mai permite pierderi de informație, putându-se porni sau opri computerele instantaneu. Anul 2020 reprezintă perioada de lansare a unui nou sistem

de calcul bazat pe tehnologia memristorului de către cercetătorii de la Hewlett-Packard.

Anii 1960-1970 marchează originea unui nou concept în domeniul electronic, *spintronica*. Considerată doar din 1980 ca tehnologie folosită în mod obișnuit în dispozitivele electronice, spintronica se bazează pe [74]: „folosirea proprietății fundamentale a particulelor cunoscută ca „spin electronic” pentru procesarea informației”. Dacă mișcarea ordonată a electronilor într-o anumită direcție reprezintă un curent electric, rotirea electronilor într-o parte sau alta permite păstrarea datelor o perioadă de timp.

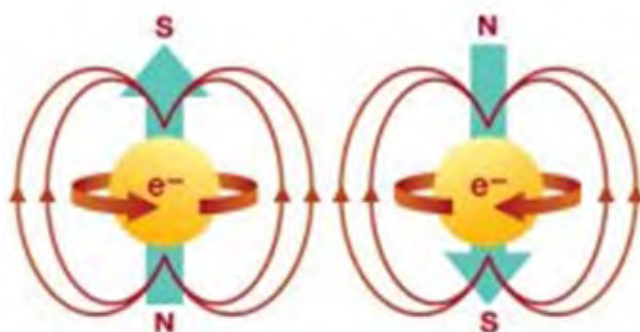


Fig. 6.9. Mișcarea de spin a electronilor: spin-up (în sens invers acelor de ceasornic) și spin-down (în sensul acelor de ceasornic)[74]

Se constată astfel că, într-un circuit electronic, informația poate fi transferată atât prin sarcina cât și prin spinul unui electron.

Tehnologia spintronicii a fost testată în dispozitivele de stocare a informației, cum ar fi hard-drive-urile, care au manifestat o putere de procesare mărită, viteze mai mari de transfer al datelor și o capacitate crescută de stocare a informației. O altă categorie de cercetări în domeniul electronicii se referă la înlocuirea materialului voluminos din actualele dispozitive cu molecule individuale, bazându-se pe faptul că [74]: „cu cât dimensiunile componentelor electronice sunt mai reduse, cu atât scade și consumul de electricitate, iar sensibilitatea (și chiar performanța) dispozitivului crește.”

Utilizarea de molecule individuale sau grupuri de molecule individuale drept „materie primă” electronică a dus la apariția unei noi ramuri a nanotehnologiei numită **electronică mono-moleculară**. În viitor este posibilă o autoasamblare spontană, sau sub influența unor factori de mediu, a acestor molecule rezultând o unitate funcțională mai mare. Există în laboratoare, în faza incipientă, câteva soluții de

electronică moleculară. Un exemplu este reprezentat de către firele moleculare și tranzistorii cu o singură moleculă, utilizarea lor practică determinând schimbări în domeniul electronic.

6.1.2. Evoluția societății în acord cu tehnologia

Fiecare nou val al inovației tehnologice a determinat schimbări dramatice în societate, modificând radical modul de viață al oamenilor, relațiile dintre ei, dar și structurile de putere. Chiar și răspândirea unor tehnologii pe care azi le-am considera primitive, de exemplu, cioplirea pietrei sau aprinderea focului au fost de natură să propulseze întreaga omenire pe cu totul alte coordonate.

Evoluția societății are loc în concordanță cu evoluția tehnologică cele „trei valuri” descrise de Toffler putându-se regăsi și aici.

Primele forme de civilizație au fost prezente în primul val, atunci când agricultura a impus formarea de așezări umane și instaurarea societății agricole. Oamenii își petreceau timpul în jurul gospodăriilor, crezând că [68]: istoria, și în general timpul, se tot repetă, fiecare element din natură, chiar și oamenii formează un tot unitar.

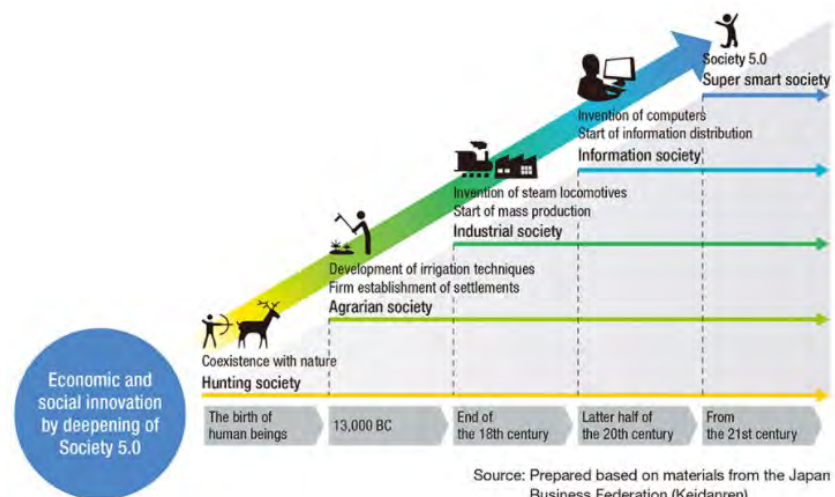


Fig. 6.10. Evoluția societății în acord cu tehnologia [37]

Societatea a evoluat spre al doilea val utilizând resurse materiale și energetice. S-a schimbat modul în care oamenii priveau evoluția, timpul fiind considerat ca „o linie dreaptă, fără sfârșit” [68].

Industrializarea planetei și apariția societății industriale, a

conferit oamenilor libertatea de a se mișca, iar timpul și spațiul au devenit bine delimitate. Dar cel mai important fapt este modificarea concepției asupra lumii, adoptându-se „ideea atomistică: fiecare lucru, ființă, e unic, e individual, ireductibil și indestructibil; are un scop al lui” [68]. Resursele materiale și energetice utilizate în cel de-al doilea val sunt epuizabile.

Revoluția informatică aduce o nouă resursă, informația. Produsele sunt cu atât mai performante cu cât includ acum mai multă informație. Oamenii devin experți într-un anumit domeniu, fiind considerați [68]: „punctul culminant al evoluției”.

Dar iată că revoluția cunoașterii instituie o nouă societate: societatea informațională.

James W. Michaels a descris evoluția societății umane de-a lungul timpului sub forma în care se întrepătrund cele șase ere, acestea fiind: era pietrei, a fierului, a agriculturii, a industriei, a tehnologiei și a cunoașterii. Considerațiile lui Michaels reprezintă prima încadrare conceptuală a societății cunoașterii, în opinia acestuia societatea informațională fiind o trecere între era tehnologică și cea a cunoașterii.

Tehnologia societății informaționale a deschis poarta spre cunoaștere și spre utilizarea cunoștințelor ca principală resursă economică. Cunoașterea fiind informație structurată, cu înțeles, respectiv o informație care permite să se acționeze, a determinat saltul către societatea cunoașterii.

Atât societatea informațională, cât și cea a cunoașterii pot fi considerate ca făcând parte din societatea informatizată. La baza acesteia stau atât informațiile dar mai ales comunicațiile mijlocite de calculator. J.A.O'Brien considera că omenirea trebuie să parcurgă un număr de patru stadii pentru a ajunge la o societate inteligentă. Aceste stadii sunt resimțite sub forma unor valuri (Fig.6.11.), ce construiesc societatea bazată pe cunoaștere.

În primul stadiu, cel al întreprinderilor informatizate, corespunzător perioadei 1970-2010, atenția a fost canalizată către organizații ca element cheie în obținerea de profit. Acestea trebuiau dotate cu calculatoare pentru a micșora timpul și costul necesar obținerii informației. Odată creat mediul informatizat, în cel de-al doilea stadiu, început din 1980, se pune accentul pe performanțele individuale, scopul parcurgerii acestui stadiu fiind atingerea calității de muncitor cunoscător interconectat. Stadiul societății globale interconectate, declanșat în jurul anilor 1992-1993 implică realizarea conectivității la nivel global în cadrul societății, în care își desfășoară activitatea muncitorii cunoașterii

și societățile informatizate. Aceștia desfășoară activități creatoare de valori, atrăgând un plus de eficiență, scopul final constând în obținerea societății rețea, global interconectată. Începând din 2010, odată cu cel de-al patrulea stadiu, informatizarea societăților se consideră terminată devenind importantă nu doar cantitatea ci mai ales calitatea conținutului informației[70].

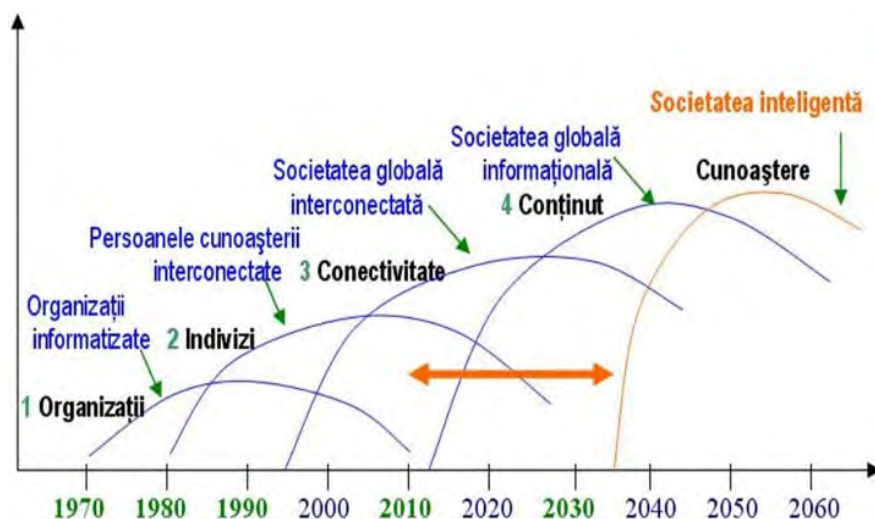


Fig. 6.11. Cele patru valuri ale societății informaționale [10,70]

Generarea de cunoștințe, utilizarea intensivă a cunoașterii reprezintă esența unor procese care au ca rezultat apariția unei societăți inteligente. Progresul spre această societate va avea, dincolo de efecte economice, consecința unei realizări mai depline a personalității umane. Spiritualitatea poate fi cea care „ridică” o societate, cea care poate aduce o nouă linie istorică societății, deoarece „cunoașterea și conștiința sunt marile resurse ale viitorului”[31].

Introdusă în anul 2000 [32]: noțiunea de societate a conștiinței a fost determinată atât de o viziune filozofică, cât și de progresele tehnologiei informației în domeniile inteligenței artificiale și aparății roboților inteligenți (robo sapiens), de progresele biotehnologiei (ingineria genetică) și de potențialitățile nanotehnologiei.

„Astăzi se presupune că Societatea cunoașterii va fi urmată de o Societate a conștiinței, care va fi în esență o societate morală (...) o a treia etapă a Erei informatizate” [31].

Mihai Drăgănescu a lansat ideea că [33]: societatea conștiinței va fi creată când „se va petrece egalitatea inteligenței artificiale cu

inteligența naturală structurată (...) între 2019-2035”. Implicarea conștiinței în explicarea marilor probleme ale științei contemporane devine tot mai evidentă. Spre exemplificare, în domeniul fizicii, pentru explicarea trecerii de la existența profundă la spațiu, timp și materie în univers, în domeniul biologiei, pentru explicarea vieții, în domeniul științei informației, privind relația dintre roboții inteligenți și conștiință, în cosmologie, pentru clarificarea dependenței universului de o Conștiință fundamentală.

6.1.3. Influența educației și formării profesionale în evoluția tehnologiei și societății

În societate și în toate domeniile vieții, tehnologia este cea care lasă „urme”, fiind cea care influențează și modifică o societate astfel încât, se poate observa o schimbare tehnologică atunci când cunoașterea tehnologică se intensifică. Educația este cea care favorizează cunoașterea asumându-și un rol determinant pentru societate.

„Cunoașterea devine singura resursă cu adevărat relevantă astăzi. În noua economie și în societatea cunoașterii bunurile intangibile precum cunoștințele și managementul informației și cunoașterii devin principala forță motrice, ne aflăm într-o lume care pune accent pe valoarea economică a bunurilor intangibile. Ideile valorează tot mai mult, în timp ce produsele costă tot mai puțin. Cunoașterea, spre deosebire de muncă, pământ și capital, este un activ care se apreciază pe măsura utilizării. Cu cât sunt utilizate mai mult, cu atât cunoștințele devin mai active și eficiente. Cunoștințele și tehnologiile avansate pot transforma semnificativ economia unei țări, asigurându-i atât un sistem de producție eficient, o competență tehnologică sporită, cât și o înaltă competitivitate”[42].

Educația reprezintă procesul prin care se realizează formarea și dezvoltarea ființei umane, fiind o necesitate atât pentru individ cât și pentru societate. Prin raportarea la individ și societate, educația este „realizată în contextul existenței sociale a omului și, în același timp, este un fenomen social specific, un atribut al societății, o condiție a perpetuării și progresului acesteia”[50].

Considerată un factor-cheie în dezvoltarea societății, educația[17]: asigură forța de muncă calificată și favorizează progresul prin stimularea curiozității intelectuale, capacității de adaptare, creativității și inovației individului, reprezentând unul dintre cele mai puternice instrumente de care se poate dispune pentru a modela viitorul.

Comportându-se ca un „receptor” al mediului în care trăiește, (Fig.6.12.) omul determină în ansamblu societatea la nivelul căreia are loc analiza, sinteza, compararea, selectarea tuturor informațiilor și se iau deciziile cele mai potrivite în producerea și utilizarea tehnologiilor necesare societății. Utilizarea de către om a unei tehnologii moderne (conexiunea inversă) va implica creșterea nivelului de trai, precum și modernizare a societății.



Fig. 6.12. Relația Om – Societate - Tehnologie [45]

„În procesul creșterii economice, factorul uman este definitoriu deoarece strategia utilizată în domeniul capitalului uman implică analize și evaluarea mai largă a mobilității, a reconversiei forței de muncă” [45]. Acestea sunt înțelese ca procese fundamentale ale formării, adaptării și utilizării resurselor de muncă, în prezent și în perspectivă. Sistemul educațional trebuie să joace un rol fundamental în consacrarea unei societăți.

Pentru a asigura necesarul de forță de muncă calificată, respectiv competențe, este necesară dezvoltarea unui sistem de educare și formare profesională continuă, care să răspundă nevoilor pieței muncii și unei economii bazată pe cunoaștere. În funcție de cerințele companiilor se vor stabili meseriile și profesiile viitoare, abilitățile și competențele necesare viitorilor angajați.

Un rol important este reprezentat de gradul de corelare între cererea și oferta de forță de muncă și identificarea lipsurilor, oferta de programe a furnizorilor de formare profesională și adecvarea acesteia la nevoile solicitanților [16].

Cerințele unei societăți se răsfrâng asupra omului și a tehnologiilor utilizate, astfel încât aceasta trebuie să fie permanent informată despre implicarea tehnologiilor în folosul omului, pentru progresul omenirii.

În noua structură economică și socială (Fig.6.13.), perfecționarea continuă a capitalului uman devine factor hotărâtor în progresul durabil, astfel încât obiectivele instructiv-educative evoluează odată cu cerințele concrete ale societății.

Țările care au știut să investească în învățământ, pentru a lărgi accesul la formare și pentru a îmbunătăți standardele educaționale și de formare profesională, au obținut în timp cele mai spectaculoase și durabile creșteri economice[44].

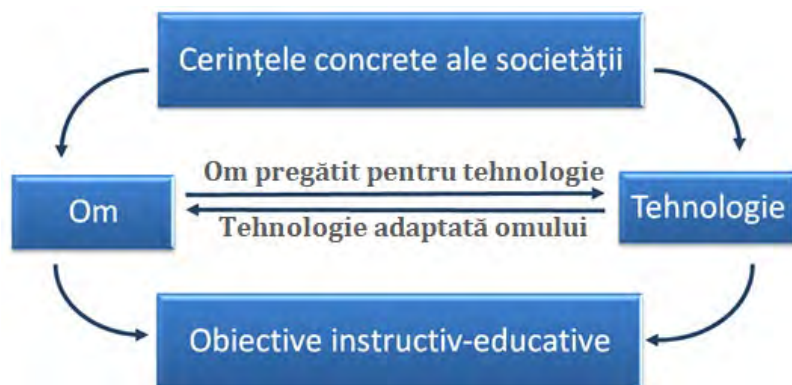


Fig. 6.13. Relația Om – Societate – Tehnologie – Educație[45]

Investiția în educarea și formarea profesională continuă este importantă datorită transformărilor permanente care au loc în economie și societate. Astfel, devine necesară dobândirea permanentă de cunoștințe care să permită adaptarea la noile calificări cerute pe piața muncii. Indiferent de faptul că se desfășoară într-un mediu formal sau informal, educația este sursa evoluției în carieră și cheia dezvoltării personale.

„Educația trebuie raportată azi la mize psihologice, culturale, economice, sociale având competențe multiple și adesea contradictorii. Finalitatea sa ultimă este găsirea formelor de libertate, egalitate, solidaritate, demnitate, prosperitate în societatea post-modernă”[43].

Din punct de vedere pedagogic, Viviane și Gilbert de Landsheere consideră că: „finalitatea educației este un motiv pentru care există ceva, care asigură rațiunea de a fi a activității de educație” [25].

Prin educație o societate își asigură continuitatea existenței fiind elementul care conștientizează necesitatea schimbării și deschiderii spre nou.

De-a lungul timpului educația a luat forme diferite, în funcție de epoca istorică, dezvoltarea spirituală a omului și finalitatea evoluției

omului și universului. Ca urmare a schimbării modului de abordare a educației, prin trecerea de la o abordare tradițională spre una modernă, finalitățile educației au suportat o evoluție calitativă. Astfel, idealul educațional a devenit răspunsul la ceea ce trebuie să devină omul în procesul educației[18].

Idealul educațional exprimă „cerințele și aspirațiile unei societăți într-o anumită etapă istorică sub forma unui model dezirabil de personalitate umană”[9]. Prin intermediul acestuia, societatea își evidențiază propriile sale aspirații. Acestea sunt necesare pentru menținerea și funcționarea ca sistem, fiind concretizate în proiectarea calităților fundamentale pe care este nevoie să le dețină membri săi.

În funcție de contextul istoric și socio-economic al societății, idealul educațional a cunoscut o evoluție specifică [18].

În epoca contemporană, idealul educațional este reprezentat de către expert. Educația și școala sunt gândite astfel încât finalitatea să fie o personalitate eficientă într-o activitate productivă.

Soluția este educarea și instruirea unui individ liber și deschis, moral, cu gândire vie, motivat, activ, creativ, care să poată face față oricărei schimbări, găsind soluții morale adecvate.

Un asemenea ideal este instituționalizat și la nivelul documentelor de politică educațională care evidențiază și orientează [75]: „dezvoltarea liberă, integrală și armonioasă a individualității umane”, posibilă și necesară la scară socială prin „formarea personalității autonome și creatoare”.

Conceptul de educație integrală

Continua evoluție a omului implică [19,20]:noi dimensionări și transformări în domeniul educațional. Noile educații sunt caracterizate prin democratizare, umanizare și modernizare. Astfel, în educație, copilul trebuie perceput în baza unui ansamblu de legități biologice, psihologice, sociale ținându-se seama de proprietățile individuale, de convingerile, necesitățile, idealurile și aptitudinile fiecăruia[19,20].

„Lumea în care trăim este un sistem vast, minunat și complicat. Fiecare parte din acesta este conectat și depinde de toate celelalte părți. În cadrul sistemelor de învățământ actuale, noua viziune integrală se referă la lume ca un sistem interconectat. Această percepție este baza educației integrale care definește și o nouă abordare integrată a predării. În metoda de educație integrală, elevii nu învață subiecte separate, ci, mai degrabă, fiecare „subiect” este prezentat ilustrând conectarea acestuia la toate celelalte subiecte”[7].

Educația integrală are la bază [20]: concepția holistică a cunoașterii științifice, care a demonstrat imposibilitatea unei singure discipline de a cerceta global și de a explica problemele complexe ale realității. „Ea presupune armonizarea dimensiunilor și formelor educației; interacțiunea, completarea de formare cu cea de evaluare, având ca rezultat întregirea acțiunii educative, unitatea educației” [38].

În societatea actuală, conform afirmațiilor poetului și filozofului francez René Daumal, o educație viabilă nu poate fi decât o educație integrală a omului. Educația trebuie să se adreseze ființei umane în ansamblul său [18,23,24].

Noul tip de educație trebuie să se adreseze întregii ființe umane și nu doar unei singure componente ale sale. Educația integrală este asemenea unui copac, alcătuit din rădăcină, trunchi și coroană (Fig.6.14.). Pentru ca acest copac să aibă vigoare, să trăiască, trebuie ca fiecare unitate structurală să își aducă aportul.

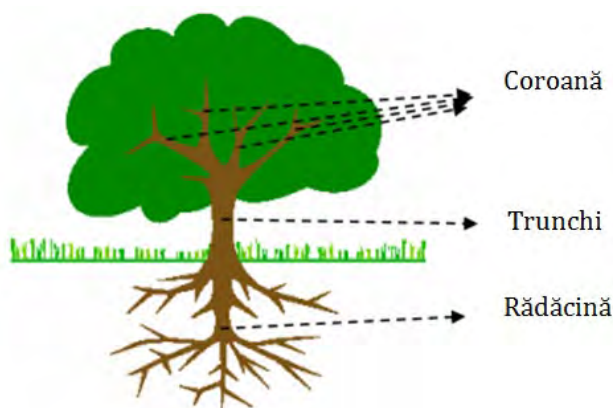


Fig. 6.14. Conceptul de educație integrală [46-49]

Așa precum seva circulă prin structura copacului de la rădăcină până la coroană, alimentând toate părțile sale componente, tot așa este nevoie de educație integrală, pentru a educa în egală măsură mintea, sufletul și trupul.

Un exemplu reprezentativ de educație integrală se întâlnește la The Circle School- Harrisburg Pennsylvania unde „educația integrală reprezintă succesul natural al educației moderne” [76]. Educația modernă se bazează pe educația tradițională, pe când educația integrală transcende din educația modernă, încorporând metode tradiționale și moderne, adăugând la acestea și metode proprii.

Pentru școala din Harrisburg educația integrală constă în faptul că fiecare copil este considerat unic, iar metodele de predare și evaluare sunt flexibile, putând fi adaptate fiecăruia. De asemenea, o astfel de educație „îmbunătățește relația dintre școală și familie, școală și societate” [76], pregătind absolvenții pentru viață.

Educația modernă determină [41]: „o altă abordare a educației, prin curriculum, curriculum integrat, care presupune conectarea subiectelor de viața reală, tratarea conținuturilor în variante interdisciplinare, transdisciplinare, modulare.”

La nivelul școlilor, obiectivele generale nu pot fi atinse fără aportul tuturor ariilor curriculare, astfel încât, colectivul profesoral trebuie să constituie o echipă și să acționeze ca atare [48].

Educația integrală, o necesitate a lumii moderne

Una dintre problemele moderne care afectează omul și implicit societatea este învățământul sărac, care nu a ținut pasul cu o lume în continuă schimbare. Fundamental, lumea a trecut treptat de la un traseu liniar de dezvoltare, la o cale de dezvoltare integrală [18,19,23].

Societatea globală de astăzi, pentru a supraviețui, are nevoie de integrarea membrilor săi în diverse medii (Fig.6.15.).



Fig. 6.15. Nevoia de educație integrală [67]

Deoarece educația în sine nu intervine în structura relațiilor umane, se creează o paradigmă în gândire și comportament care nu este propice pentru rezolvarea problemei fundamentale a societății moderne: relația individului cu ceilalți [32].

Educația este cea care transformă omul egocentric, care „privește totul prin prisma intereselor și sentimentelor personale” [43], într-unul etnocentric, care se implică și judecă valorile celor din imediata apropiere. Printre beneficiile educației integrale se numără [18,19]: dezvoltarea caracterului laic, dar și spiritual al omului, acestea devenind beneficii ale societății.

Educația spirituală nu este o disciplină distinctă, separată. Ea este o parte integrantă în toate tipurile și nivelurile de educație, este temelia pe care poate fi construit un edificiu de durată (Fig.6.16). „Educația trebuie să extindă inima și sufletul” [8].

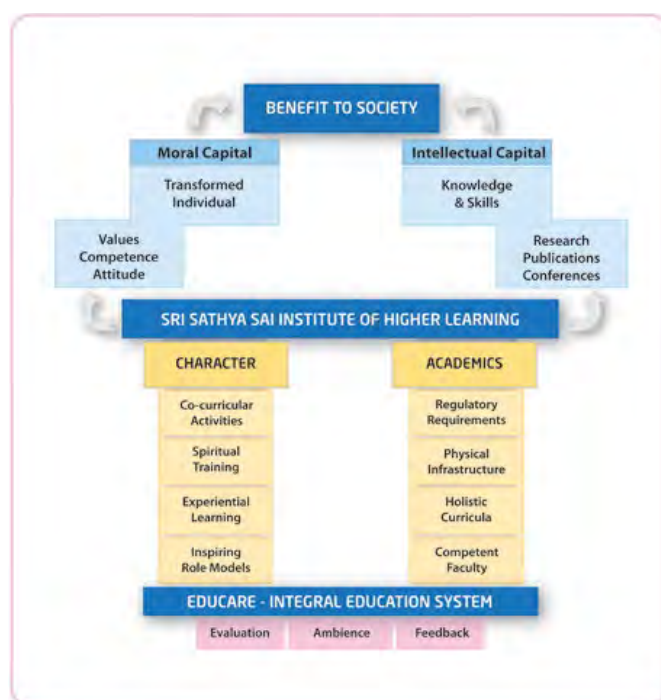


Fig. 6.16. Templul învățării[8]

Pe lângă competențele academice, educația lumii moderne implică [23]: dezvoltarea unui caracter bun, cu atitudini și valori nobile, sensibilitate socială și conștientizare spirituală.

Experiența lui Judie Gaffin Wexler de la Institutul Californian de Studii Integrale i-a permis să descrie noi dimensiuni esențiale ale educației integrale. Un studiu de caz, efectuat asupra unor studenți în perioada 2001-2010, atribuie următoarele caracteristici educației integrale[72]:Educația integrală a permis alături de altele și învățarea

experimentală și colaborativă; Educația integrală a determinat extinderea abordărilor și utilizărilor din mass-media și artă; Educația integrală a ajutat la aprecierea abordărilor celor din jur; Educația integrală a facilitat integrarea corp, minte și spirit într-un mod semnificativ.

„Ne dorim ca studenții noștri să poată pune întrebări pentru a-și depăși limitele, să caute noi modalități de a aduce idei împreună. Accentul ajunge să fie mai mult pe căutare decât pe memorare. Un astfel de accent pe cercetare și integrare este o modalitate de a aborda fragmentarea cunoașterii care a fost creată de către multitudinea de discipline. În același timp, este vital ca elevii să mergă cât mai profund în unele zone de studiu care să le permită elaborarea de noi cadre conceptuale cu care să-și organizeze ideile.”[72]

În articolul său, „Viziunea și principiile fondatoare ale Educației integrale”, Bahman AK Shirazi susține faptul că:

„educația trebuie să îi ajute pe elevi să se concentreze atât pe plan intern cât și extern în cazul în care urmează să fie pregătiți în mod eficient. Dimensiunile acestei pregătiri sunt manifestări vizibile ale educației holistice care permite dialogul între adevăruri incommensurabile și permite educației să întruchipeze spirit, intelect și înțelepciune. Învățământul trebuie să se asigure că oferă tinerilor cunoștințe și abilități de gândire corespunzătoare unei educații avansate. Ca o educație integrantă se dorește sprijinirea tinerilor în explorarea vieții lor interioare care să se intersecteze cu activitatea lor școlară”[62].

Pilonii educației integrale prin prisma Raportului Delors

„Conceptul de a învăța pe tot parcursul vieții este una din cheile către secolul XXI (...). Nu este vorba aici de o idee nouă, studii mai vechi cu privire la problemele educației au atras atenția asupra necesității ca adulții să se întoarcă din nou pe băncile școlii. Astfel ei vor avea ocazia să învețe să se descurce cu situațiile noi care apar atât în viața particulară, cât și la serviciu. Această nevoie de educație există și pare să crească pe zi ce trece. Singurul mod de a satisface această nevoie este ca fiecare dintre noi să învețe cum să învețe. Dar mai există totuși și o altă nevoie: transformările de proporții suferite de stilul tradițional de viață ne obligă să învățăm să-i înțelegem mai bine pe ceilalți oameni și lumea ca întreg. Înțelegerea reciprocă, schimburile pașnice și, bineînțeles, armonia sunt ingrediente absolut necesare; și tocmai de acestea duce lipsă lumea de astăzi”[28].

Adoptând acest concept, Raportul Comisiei Internaționale pentru Educație în secolul XXI, prezintă cei patru piloni susținători ai unei educații integrale și a unei formări profesionale continue, corespunzătoare societății cunoașterii.

Primul pilon se referă la „A învăța să știi”, sau A învăța pentru a acumula cunoștințe și este impus de transformările rapide aduse de progresul științific și de noile forme de comportament economic și social.

Cel de-al doilea pilon este „A învăța să faci”, sau A învăța pentru a acționa și se referă la posibilitatea de a dezvolta mult mai ușor competențe și capacități prin muncă efectivă, prin îmbinarea noțiunilor teoretice cu activități practice. Un alt pilon este acela de „A învăța să fii”, sau A învăța pentru viață și se regăsește în Raportul UNESCO din 1972 în care Edgar Faure aduce în atenție ideea de „Cum învățăm să trăim”. Acesta prezintă necesitatea unei disponibilități pentru un grad ridicat de independență și de o capacitate de judecată crescute alături de valorificarea totală a talentelor interioare, fapt care accentuează rolul deosebit al auto-cunoașterii în „formarea omului complet” [35].

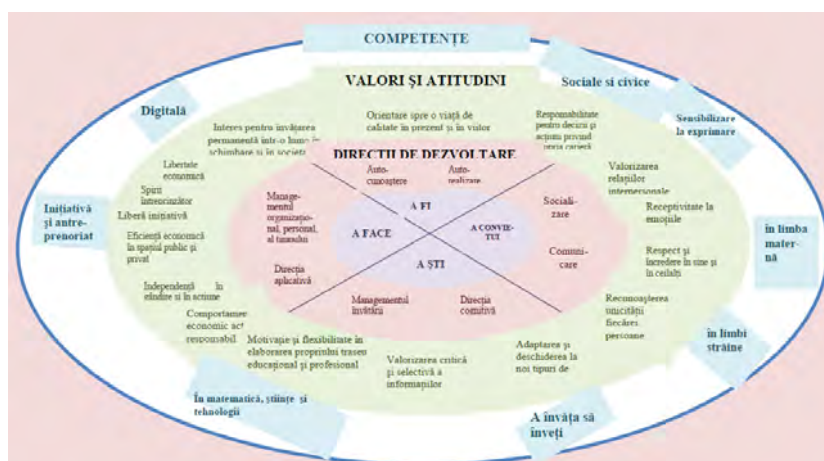


Fig. 6.17. Corespondența dintre valorile, competențele cheie, direcțiile generale de dezvoltare și dimensiunile educației integrale [38]

Cel de al patrulea pilon considerat principalul susținător al educației în societatea cunoașterii, „A învăța să trăiești împreună cu ceilalți”, sau A învăța să conviețuiești, permite dezvoltarea sentimentului de înțelegere pentru cei din jur, pentru istoria, tradițiile și valorile spirituale ale acestora. Este pilonul care evidențiază cel mai bine nevoia de învățare permanentă și formare profesională care să permită într-un final „a te recunoaște pe tine însuși în chipul celui alt” [52].

Corespondența dintre valorile, competențele cheie, direcțiile generale de dezvoltare a acestora, dimensiunile educației sau pilonii educației, care sintetizează simbolic treptele formării profesionale ale unui cetățean al secolului XXI sunt reprezentate în figura 6.17.

Elipsa din centru cuprinde cele patru dimensiuni ale educației și a existenței umane. Elipsa a doua cuprinde direcțiile de formare și dezvoltare a personalității în procesul educativ. Elipsa a treia este cea a valorilor și atitudinilor, iar elipsa a patra este cea a competențelor cheie care stau la baza educației formale, informale, non-formale [14].

6.1.4. Abordarea transdisciplinară a educației

6.1.4.1. Evoluția de la disciplinaritate la transdisciplinaritate în educație

Prin progresul spectaculos al științei, tehnicii și tehnologiei, societatea contemporană considerată o societate a cunoașterii, impune o adaptare a educației la noile provocări ale economiei de piață.

Dacă în primele universități ale lumii, în secolul al XIII-lea se predau șapte discipline, în anul 1950 se ajunge la 54 de discipline, urmând ca odată cu „explozia” tehnologică și un „big bang” disciplinar care a favorizat apariția unui număr de aproximativ 8000 de discipline în anul 2007[55].

Comenius denunța, în 1657, prezența unor discipline de studiu, fără legătură între ele, afirmând faptul că [78]: „învățarea principiilor unei discipline nu oferă garanția transferului de cunoștințe la alte discipline”. Această perspectivă intradisciplinară (Fig.6.18-a) determină specializarea într-un domeniu foarte restrâns, „înaintând către o limită unde va ști totul despre nimic”[78].

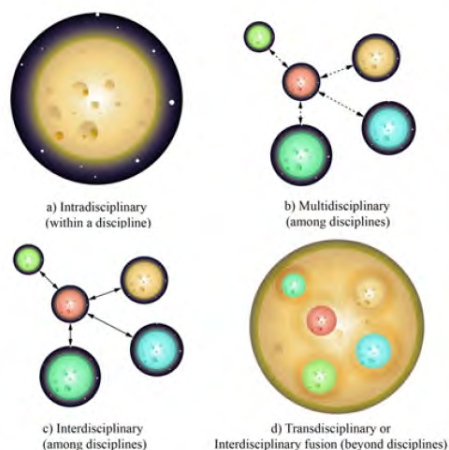


Fig. 6.18. De la disciplinaritatea la transdisciplinaritate [7]

Necesitatea „clarificării” unor probleme din mai multe unghiuri de vedere a determinat apariția multidisciplinarității (pluridisciplinarității). Multidisciplinaritatea a rezultat ca „ o simplă agregare a diferitelor discipline care păstrează neschimbate punctele lor de vedere specifice” [7]. Legăturile rezultate între discipline (Fig.6.18-b) permit crearea unei imagini mai complexe asupra realității studiate, din perspective diferite, folosind cunoștințe și metode furnizate de cât mai multe discipline.

Pornind de la ideea că nici o disciplină nu reprezintă un domeniu închis, ci se pot stabili legături între discipline prin combinarea și integrarea metodologiilor și a ipotezelor de lucru a rezultat o perspectivă interdisciplinară (Fig.6.18-c). „Transferul metodelor dintr-o disciplină într-alta” [7], a creat o înțelegere profundă, logică a tot ceea ce ne înconjoară, a favorizat apariția de noi concepte și conștientizarea legăturilor inedite și prolifice între domeniile științifice.

Cu ocazia colocviului internațional „Interdisciplinaritatea-probleme de învățământ și cercetare în universități” susținut de Organizația pentru Cooperare Economică și Dezvoltare în colaborare cu Ministerul Francez al Educației Naționale la Nisa, Jean Piaget propune [71]: adăugarea la accepțiunea de „înăuntrul” disciplinelor și a accepțiunii de „dincolo” de discipline (Fig.6.18-d).

Implicând mai mulți cercetători și grupuri de studiu, Basarab Nicolescu prezintă în 1985 volumul „Noi, particula și lumea” în care propune [52]: o unificare a accepțiunilor „între, înăuntrul și dincolo” în prefixul “trans”, în cadrul și din perspectiva unei noi viziuni provenite din fizica cuantică. Noțiunea de transdisciplinaritate îi însuflă lui Basarab Nicolescu ideea de a înființa la Paris, în anul 1987, Centrul Internațional de Cercetări și Studii Transdisciplinare (CIRET).

În viziunea experților CIRET transdisciplinaritatea este definită din perspectiva unei filozofii a științei, ca o nouă viziune asupra Lumii, asupra Naturii și asupra Realității, înțelegând prin inter/pluri și prin multidisciplinaritate forme, grade de potențializare și actualizare ale transdisciplinarității [52].

Din punct de vedere educațional, transdisciplinaritatea s-a regăsit în organizarea conținuturilor învățământului definindu-le ca etape și necesități ale integrării curriculare (abordarea integrată, cross-curriculară, abordarea modulară), propunând o viziune holistică, constructivistă și instrumentală. Considerând copilul ca un întreg, ca o ființă ce trebuie privită și dezvoltată în integralitatea sa, D’Hainaut a intuit că problemele contemporane, mediul înconjurător și tehnologia

pot fi mai bine înțelese dintr-o „perspectivă ce consideră într-un mod mai profund profilul omului pe care vrem să-l formăm: abordarea transdisciplinară” [57].

Chiar dacă [16]: „disciplinaritatea, pluridisciplinaritatea, interdisciplinaritatea și transdisciplinaritatea sunt cele patru săgeți ale unui și aceluiași arc: cel al cunoașterii”(Fig.6.19.), finalitățile acestora nu coincid.

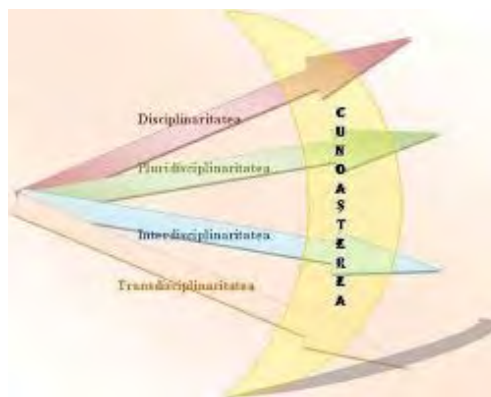


Fig. 6.19. Arcul cunoașterii

Finalitatea pluri și interdisciplinară este întotdeauna cercetarea disciplinară. Transdisciplinaritatea crează punți de legătură între discipline, urmărind [16]: „înțelegerea lumii prezente, unul din imperativele sale fiind unitatea cunoașterii”.

Educația trebuie orientată, prin programele sale educative, spre optimizarea capacității de adaptare a omului la schimbările care au loc în societate. Așezarea procesului educațional pe noi principii și elaborarea tehnologiilor didactice adecvate, sunt elemente esențiale pentru orientarea învățământului cu fața către viitor[20,28].

6.1.4.2. Abilități transdisciplinare

Educația în societatea cunoașterii trebuie să ofere, [4] : în afară de cunoștințele explicite și tacite, în afara cunoașterii științifice, forme de cunoaștere care răspund la întrebări precum: știi că, știi unde, știi de ce, știi dacă, știi cum, știi când?

Prin învățarea transdisciplinară s-a demonstrat că [20]: elevii își conștientizează mult mai bine nevoile, abilitățile, stilurile de învățare, atitudinea etc., atunci când sunt solicitați să o facă.

Dezvoltarea unei gândiri transdisciplinare determină obținerea de abilități și competențe transdisciplinare (Fig. 6.20), dintre care se enumeră [42]:

- Competențe generale – metodologice: observarea, experimentarea, reprezentarea grafică, interpretarea datelor sau a unui text, etc.;
- Competențe metacognitive – estimare a gradului de dificultate a sarcinii de lucru, planificarea strategică, evaluarea rezultatelor, monitorizarea comportamentală, tehnici personale de învățare;
- Atitudine pozitivă, motivantă – realism, interes pentru învățare, toleranță pentru informații contradictorii, atitudine pozitivă față de performanțele personale;
- Abilități pragmatice – inițiativă personală, capacitate de concentrare, orientarea acțiunilor spre rezolvarea sarcinii, deprinderi de muncă.

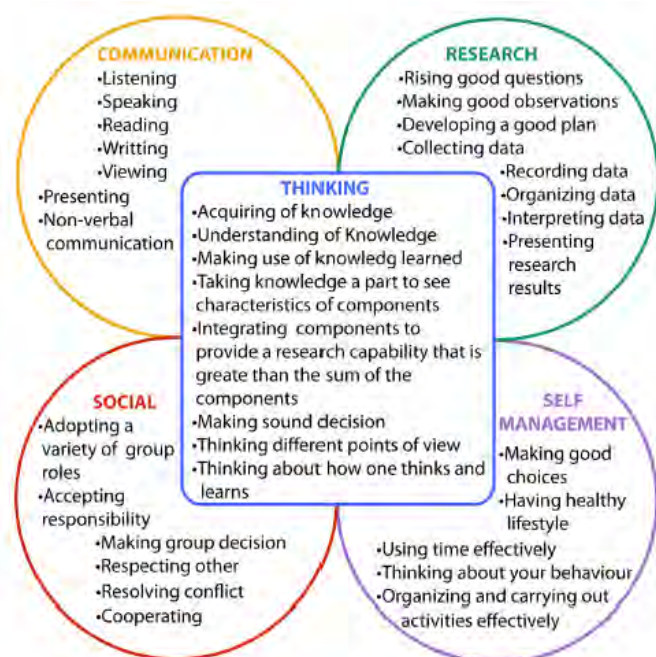


Fig. 6.20. Abilități transdisciplinare [11]

Viziunea transdisciplinară asupra educației nu se rezumă doar la abilități și competențe [20]. Există și „o trans-relație,(...) care își află izvorul în propria noastră constituție umană [15]”.

Laureatul premiului Nobel pentru fizică, profesorul Leon Lederman, a realizat la o școală din suburbiile defavorizate ale orașului Chicago, un experiment care a constatat în utilizarea jocului, a atingerii obiectelor, a discuțiilor pentru învățarea matematicii și fizicii. Acesta a

constatat faptul că [15]: atmosfera plăcută și veselă în care s-a desfășurat procesul educațional a permis unor elevi proveniți din familii sărace și dezinteresate, din medii violente și lipsite de cultură să-și însușească mult mai rapid și mult mai bine cunoștințele dacă au fost înțelese și cu corpul și cu sentimentele.

Astfel, procesul educațional corespunzător societății cunoașterii are un caracter transdisciplinar și trebuie fondat pe echilibrul dintre inteligența analitică, sentimente și corp.

6.2. Învățarea organizațională

6.2.1. Conceptul de Organizație care învață

În anul 2003, Rebecca Cors prezenta într-un articol online[57], cele mai reprezentative nume care au abordat conceptul de organizație care învață: Peter Senge, Chris Agyris, Donald Schön, Margaret Wheatley și Shana Ratner.

Peter Senge considerat de majoritatea ca fiind părintele organizației care învață, spune că avantajul acesteia derivă din învățarea continuă, atât individuală, cât și colectivă. Provocând membrii organizației să gândească constant și creativ în legătură cu nevoile organizației li se vor induce acestora o motivație intrinsecă mai puternică și un simț le fel de puternic al servitudinii în raport cu organizația.

Chris Agyris a evidențiat necesitatea cooperării între indivizi și grupuri ce fac parte dintr-o organizație, mizând pe „o comunicare liberă și fiabilă și o cultură a încrederii”[4]. De asemenea, în viziunea acestuia „organizațiile trebuie să mențină cunoștințe despre produse și procese noi, să înțeleagă ce se întâmplă în mediul extern și să producă soluții creative folosind cunoștințele și aptitudinile tuturor din cadrul organizației”[4].

Donald Schön, colaborator al lui Agyris, s-a aplecat asupra procesului de „învățare organizațională”, afirmând faptul că [4]: oamenii și organizațiile ar trebui să fie flexibili și să-și integreze experiențele de viață și lecțiile învățate de-a lungul vieții lor în activitatea organizației.

Wheatley și Ratner au introdus noi abordări despre organizația care învață începând cu ultima jumătate a secolului al XX-lea. Ratner prezintă organizația care învață ca fiind „una în care oamenii la toate nivelele, individuale și colective, își măresc continuu capacitatea de a produce rezultatele pe care și le doresc”[15]. În 1997, Ratner prezintă o

comparație (Fig.6.21.) între „răspunsurile vechi și noi despre cum învățăm”[15] în cadrul unei organizații care învață, având ca bază cartea lui Senge, The Fifth Discipline Fieldbook.

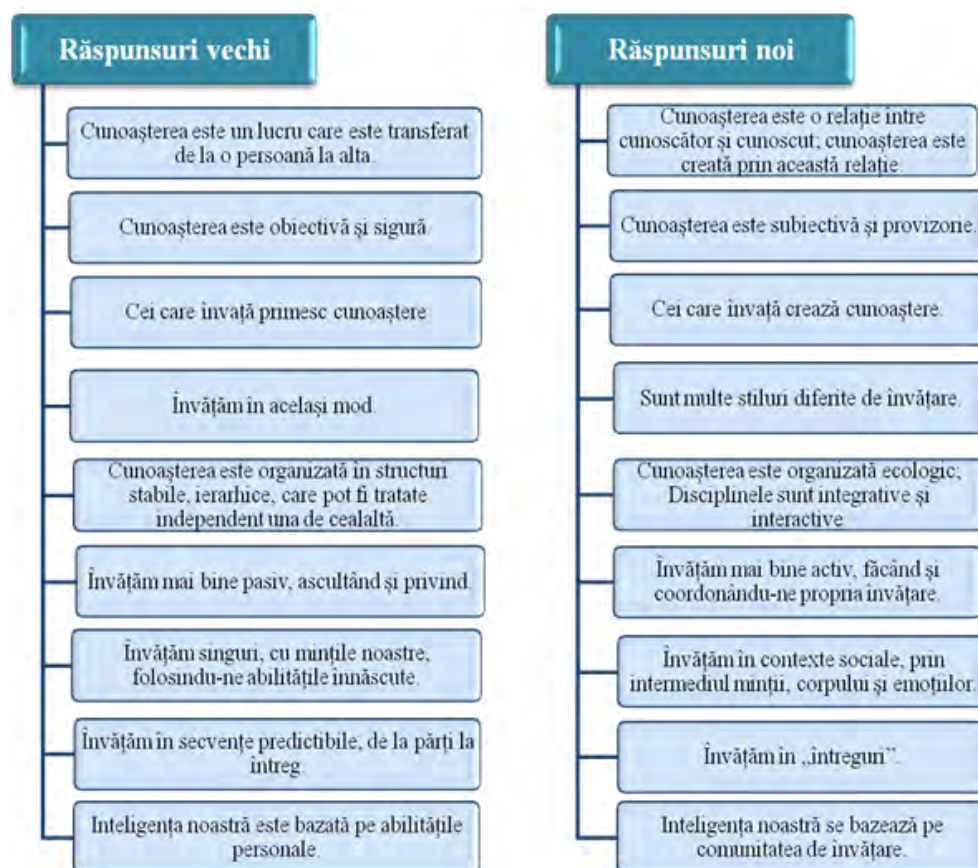


Fig. 6.21. Răspunsuri vechi și noi despre cum învățăm

Era cunoașterii, a inovațiilor tehnologice, a transformat totul și a reinventat conceptul de economie de piață. Jocelyn Bourgon, președintele Centrului Canadian de Administrație și Dezvoltare afirma într-un discurs, în primăvara anului 2000:

“În ultimii zece ani au fost de 10.000 de ori mai multe inovații tehnologice decât în ultimii 10.000 de ani. Astăzi avem, fiecare la încheietura mâinii mai multe informații decât avea întreaga lume în 1960. Dacă în anii '40 bagajul de cunoștințe mondiale se dubla la un interval de 30 de ani, în anii '70 ele se dublau la 7 ani, iar azi se dublează la 11 ore.”

Modelul organizației care învață este instrumentul de adaptare la marșul cosmic al economiei cunoașterii”[11].

De-a lungul timpului, organizațiile care învață au primit mai multe definiții. Ideea comună a acestor definiții - adaptare și inovare pentru creșterea eficienței prin învățare individuală și colectivă - este relevantă pentru ceea ce se înțelege astăzi prin organizația care învață [11].

Principalele caracteristici ce corespund unei organizații care învață sunt următoarele:

- a. furnizarea în permanență de oportunități de învățare;
- b. pregătirea și instruirea membrilor în vederea atingerii scopurilor propuse;
- c. stabilirea unei dependențe între performanța individuală și performanța organizației;
- d. realizarea unei comunicări eficiente între membrii organizației;
- e. utilizarea „tensiunilor creative” [61] ca surse de idei;
- f. crearea unei legături puternice între membrii organizației și mediul în care aceștia își desfășoară activitatea.

Trăsătura definitorie a unei organizații care învață o reprezintă învățarea continuă, generativă, unitatea de bază fiind echipa și nu individul. Pentru a face față evoluției și pentru a se adapta cât mai repede noilor situații, organizațiile sunt nevoite să-și dezvolte o cultură a învățării generative. În opinia lui Peter Klein, există zece pași pe care o organizație trebuie să-i facă pentru a deveni „learning organization” (Fig. 6.22.).

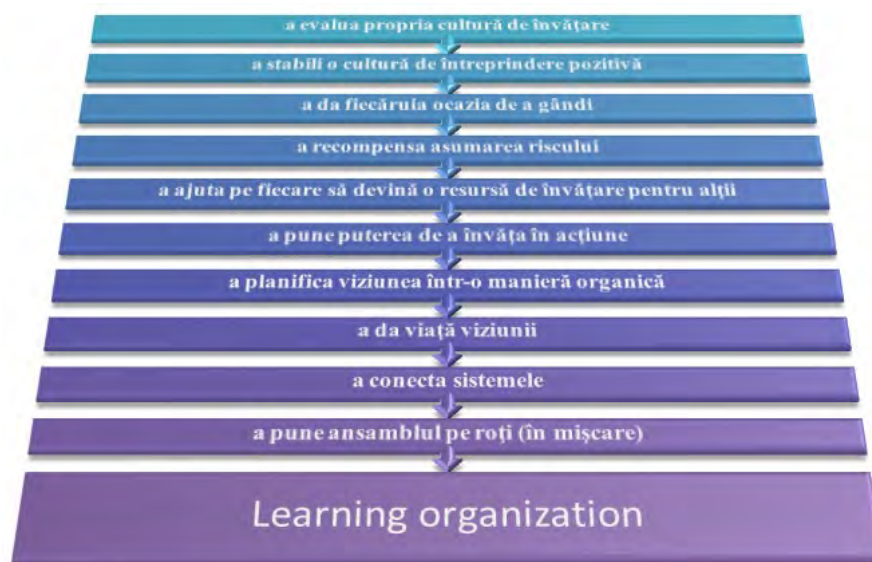


Fig. 6.22. Pași care trebuie parcurși pentru a deveni o organizație care învață

Organizațiile care învață sunt posibile deoarece, la nivel primar, prin însăși esența lor umană, toți oamenii sunt iscoditori și dornici să afle lucruri noi. Chiar dacă stă în firea omului să învețe, s-a constatat că organizația care învață se bazează și pe faptul că acestuia îi place să învețe.

„Am întâlnit multe persoane care au experimentat forța muncii în echipă - în sport, în artă sau în afaceri. Mulți spun că au tânjit toată viața după repetarea unor astfel de experiențe. Ce au experimentat a fost, de fapt, apartenența la o organizație care învață. Echipa care a ajuns grozavă, nu a fost de la început grozavă: a învățat cum să producă rezultate extraordinare”[61].

Construirea de organizații care învață este posibilă în prezent deoarece acum s-au aflat abilitățile, zonele de cunoaștere și căile de dezvoltare ale acestor organizații. Ceea ce va distinge o astfel de organizație de una tradițională este dobândirea măiestriei în anumite discipline de bază.

6.2.2. Disciplinele organizației care învață

Efortul de a construi organizații care învață a reprezentat mult timp un șir de încercări, modul autoritar de a controla, specific organizațiilor tradiționale trebuind să fie înlocuit cu dobândirea măiestriei în anumite discipline de bază. „Transformarea sistemului actual de management”, spunea Deming în urmă cu aproape 30 de ani „cere cunoștințe aprofundate”[29]. Teoriei variației (teoria și metodologiile statistice, asociate cu Managementul Calității Totale al lui Deming) i se alătură astfel de către Deming alte trei elemente: „înțelegerea unui sistem”, „teoria cunoașterii” (importanța modelelor mentale) și „motivația intrinsecă” (importanța viziunii personale și a aspirațiilor profunde), elemente care au condus la prezentarea de către Peter Senge, în 1990 în cartea „The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization” (revizuită în 2006) a cinci discipline de învățare care reprezintă nucleul muncii într-o organizație care învață.

Disciplina este considerată de către Senge, în cadrul organizațiilor ca „un corp de teorii și tehnici care trebuie să fie studiate și însușite pentru a putea fi puse în practică”[61].

Ca membru al unei organizații, a practica o disciplină, reprezintă a învăța în permanență, a deveni din ce în ce mai bun, fără să poți spune vreodată că ai ajuns la desăvârșire.

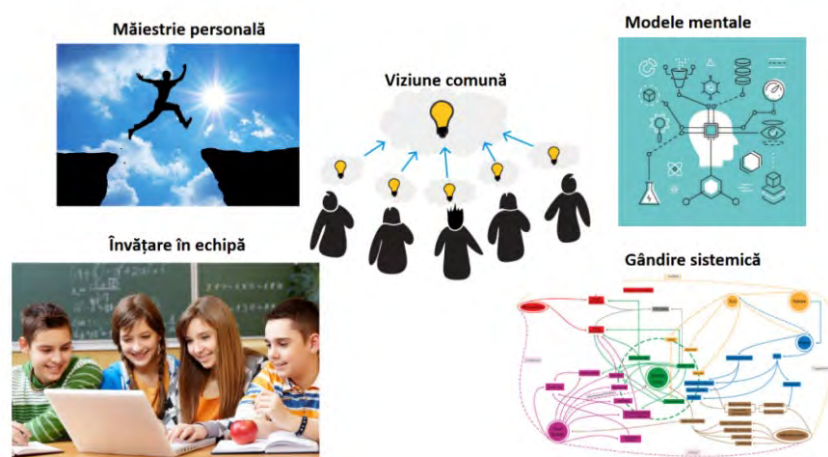


Fig. 6.23. Ilustrarea grafică a celor cinci discipline

Ca și organizație, nu se poate spune că este o organizație învățată, deoarece mereu trebuie să mențină o stare de practicare a disciplinelor de învățare, iar atunci când cele cinci discipline converg se provoacă un val de experimentare și progres.

Gândirea sistemică

Gândirea sistemică este disciplina care permite să se observe întregul, este un cadru în care se dezvoltă abilitatea de a vedea interrelaționările mai degrabă decât lucrurile luate separat, de a vedea tiparele schimbării mai degrabă decât „instantanee” statice[61].

Dacă se aplică o gândire analitică asupra sistemului acesta este desfăcut în bucăți, dar odată desfăcut își pierde toate proprietățile esențiale și la fel și subansamblele lui, deoarece sistemul nu este niciodată suma subansamblelor lui, este produsul interacțiunilor dintre acestea. Când o componentă este separată de sistem își pierde funcția de bază.

Gândirea sistemică este necesară în zilele noastre și datorită complexității tot mai mari a sistemelor. Societatea are capacitatea, în prezent, de a crea mai multă informație decât poate o persoană să absoarbă, de a favoriza mai multă interdependență decât poate mânui cineva și de a accelera schimbarea într-un ritm cu care nimeni nu mai poate ține pasul. Ajunși la un nivel de complexitate fără precedent, gândirea sistemică reprezintă antidotul sentimentului de neputință resimțit de mulți în această epocă a interdependenței. Reprezintă o disciplină care permite identificarea structurilor din spatele sistemelor

complexe și permite să se discearnă „schimbările-levier” de cele ne semnificative [61].

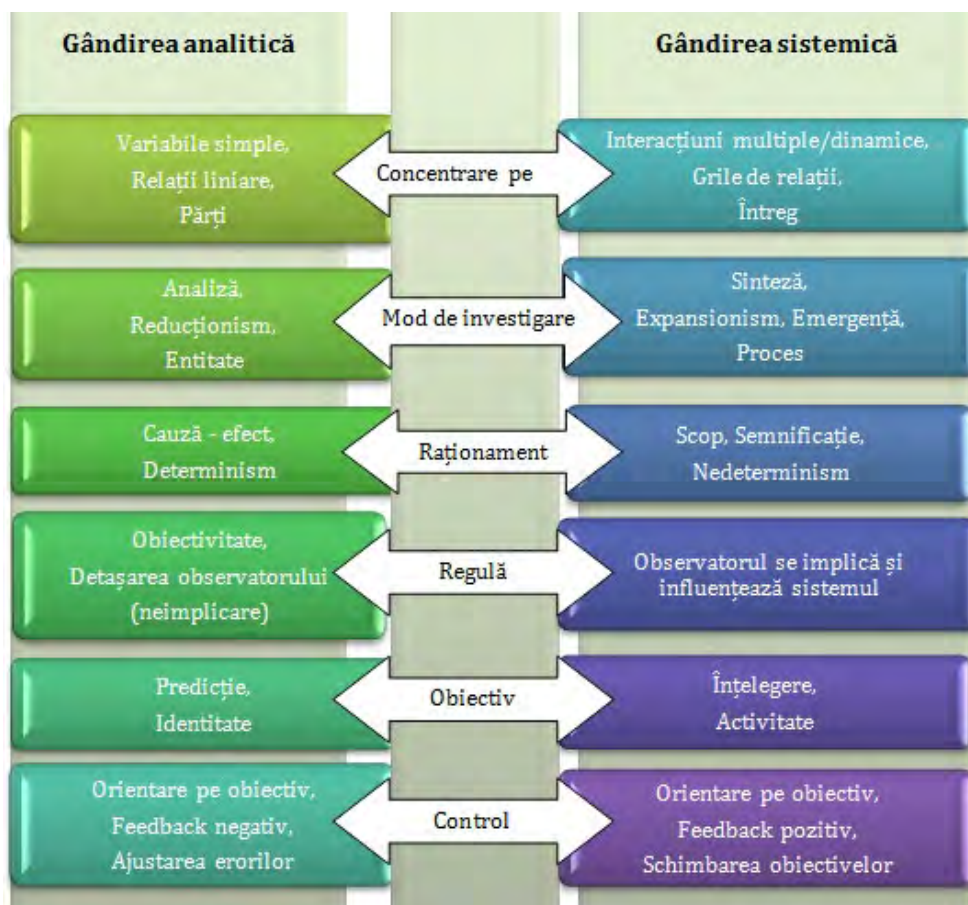


Fig. 6.24. Comparația dintre gândirea analitică și cea sistemică

Peter Senge numește gândirea sistemică a cincea disciplină pentru că [61]: „este la nivel conceptual, piatra de temelie a celorlalte discipline de învățare(...) și a modului în care organizațiile care învață gândesc despre propria lor lume”.

Gândirea sistemică poate să schimbe modul de gândire, „de la a percepe părți, la a percepe întregul” dar, poate să schimbe și imaginea omului în cadrul organizației,[61]: „de la a vedea oamenii ca pe niște neajutorați care reacționează la ceea ce se întâmplă, la a-i vedea ca pe niște participanți activi la modelarea realității în care trăiesc, de la reacționarea față de prezent, la crearea viitorului.”

„Gândirea sistemică probabil reprezintă cea mai profundă revoluție în gândire de la Renaștere încoace.” – susține Russel Ackoff.

Aceasta poate reprezenta „un set de judecăți ce vizează înțelegerea modului în care se derulează lucrurile, în general”[82], putând fi considerată „o perspectivă care își propune să pătrundă dincolo de evenimente, căutarea modelelor de comportament, identificarea relațiilor din cadrul sistemului care sunt responsabile pentru procesele care se produc în sistem”[53].

Realizând o comparație între gândirea analitică și cea sistemică, s-au obținut caracteristicile prezentate în figura 6.24.

Măiestria personală

Se poate vorbi de măiestrie ca de un nivel special de pricepere, astfel încât un grad înalt de măiestrie să reprezinte o înțelegere la un nivel profund care poate fi dobândită printr-o învățare continuă de-a lungul vieții.

Astfel, [61]: „Măiestria personală este disciplina clarificării și largirii viziunii personale în mod continuu, prin concentrarea energiei, prin dezvoltarea răbdării și printr-o înțelegere obiectivă a realității”. Măiestria personală reprezintă „fundația spirituală” [61] a unei organizații care învață, capacitatea de învățare a unei organizații fiind influențată de cea a membrilor ei. Din strădania de a învăța continuu a membrilor, se naște organizația care învață.

Măiestria personală, deși se bazează pe competențe și abilități, le transcede, deoarece ține cont și de dezvoltarea spirituală a oamenilor, luând două direcții de profunzime. Prima direcție clarifică ceea ce este important pentru fiecare persoană, iar a doua direcție este de a învăța continuu să se observe cât mai clar realitatea. „Juxtapunerea dintre o viziune (ceea ce vrem) și o imagine clară asupra realității curente (unde suntem în raport cu ceea ce vrem) generează ceea ce se numește tensiune creatoare: puterea de a le uni, cauzată de intensitatea tendinței naturale de a căuta soluții”[61]. Învățarea modului de a putea genera și susține tensiunea creatoare de-a lungul vieții reprezintă esența măiestriei personale. În contextul tensiunii creatoare, învățarea reprezintă extinderea abilităților de a produce rezultatele dorite, devenind astfel o învățare generativă continuă.

Modelele mentale

Peter Senge prezintă modelele mentale ca fiind „presupuneri adânc înrădăcinate, generalizări sau chiar imagini care ne influențează modul de a înțelege lumea și de a acționa” [61].

Disciplina de a lucra cu modele mentale presupune crearea unui echilibru între modul personal de a gândi și părerea celorlalți. De multe ori, idei strălucite nu ajung să fie puse în practică din cauza unor imagini interne profund întipărite în minte și care nu coincid cu acestea, ceea ce demonstrează faptul că modelele mentale determină nu numai modul de a înțelege lumea, dar și modul în care se acționează. Acest lucru prezintă modelele mentale drept elemente active care pot fi simple generalizări dar și teorii complexe.

Modul în care omul este influențat de către modelele mentale a fost exprimat de către Chris Argyris, care s-a ocupat de modelele mentale și învățarea organizațională timp de 40 de ani. Astfel: „Deși oamenii nu se comportă (întotdeauna) congruent cu teoriile pe care le expun (ceea ce spun), ei se comportă cu adevărat congruent cu teoriile pe care le folosesc (modelele lor mentale)” [3].

Dezvoltarea capacității unei organizații de a lucra cu modelele mentale implică trei aspecte necesare. Primul aspect se referă la instrumentele care să stimuleze creșterea atenției conștiente și abilitățile de reflecție. Cel de al doilea aspect implică existența unor infrastructuri care să încerce să instituționalizeze folosirea regulată a modelelor mentale. Existența unei culturi care să promoveze spiritul cercetător și să provoace gândirea fiecăruia reprezintă cel de al treilea aspect.

Infrastructurile care favorizează lucrul cu modelele mentale au la bază ideea [61]: de a nu fragmenta sau transforma învățarea într-o anexă la munca obișnuită a omului.

Una dintre cele mai reprezentative structuri create este Society for Organizational Learning (Societatea pentru Învățarea Organizațională - SOL), societate creată prin regândirea rolurilor tradiționale în termenii a trei cercuri intersectate de activitate, astfel încât, pe rând, fiecare participant devenea antrenor de cerc.

Modelele mentale influențează gândirea sistemică, deoarece, fără acestea:

„gândirea sistemică își pierde mult din putere. Cele două discipline acționează foarte bine împreună deoarece una se concentrează asupra dezvăluirii presupunerilor ascunse, iar cealaltă pe cum să restructurăm aceste presupuneri pentru a scoate la iveală cauzele problemelor semnificative.” [61, p.248]

Dacă gândirea liniară va fi înlocuită cu gândirea sistemică, modelele mentale vor putea fi îmbunătățite, astfel încât organizațiile care învață vor lua decizii pe baza înțelegerii importanței interrelaționărilor și tiparelor schimbării.

Crearea unei viziuni comune privind organizația

Crearea unei viziuni comune reprezintă dezvoltarea unor imagini împărtășite cu privire la viitorul organizației, a principiilor și practicilor ce ghidează membrii organizației în vederea realizării acesteia. Împărtășirea unei viziuni comune generează, în practică, devotament real și angajare din partea membrilor, oferind acestora sentimentul unui destin comun.

„O viziune împărtășită este mai mult decât o idee. Nu este nici măcar o idee importantă cum ar fi libertatea. Este mai degrabă o forță în inimile oamenilor, o forță cu o putere impresionantă .(...) Puține forțe, dacă mai există altele, sunt la fel de puternice în societatea umană ca o viziune împărtășită.”[61, p.252]

Importanța unei viziuni pentru o organizație este aceea că aceasta stabilește un scop. Cu cât scopul este mai mare și mai acceptat de către membrii organizației apar noi moduri de a gândi și de a acționa, determinând o învățare generativă, stimulând asumarea riscurilor și experimentarea. Acțiunea pe termen lung nu se poate realiza decât printr-o gândire sistemică care poate favoriza în cele mai multe cazuri planificarea strategică a organizației.

Învățarea în echipă

Echipele de lucru, într-o organizație modernă, reprezintă unități fundamentale formate din oameni care au nevoie unul de celălalt pentru a obține un rezultat. Disciplina învățării în echipă constă în capacitatea membrilor săi de a înceta să se evidențieze fiecare pe sine și de a participa la o stare de „gândire în comun.” Evoluția echipei reprezintă evoluția fiecărui membru, mult mai rapid și mai amplu decât în situația în care acesta s-ar realiza în mod individual.

Învățarea în echipă permite membrilor acesteia să-și dezvolte capacitatea de a obține rezultate pe care nu le-ar atinge prin muncă individuală. Aceasta se clădește pe temelia disciplinei dezvoltării viziunii împărtășite, dar și pe baza măiestriei personale, pentru că echipele talentate sunt alcătuite din indivizi talentați.

Disciplina învățării în echipă implică și o măiestrie a învățării, deoarece, chiar dacă indivizii ce alcătuiesc echipa învață, nu se poate

vorbi de învățare organizațională. Echipele care învață devin „microcosmosuri de învățare”[61] în cadrul organizațiilor, realizările unei echipe putând stabili un standard pentru învățarea comună în cadrul organizației.

Echipele care învață au nevoie de modalități de a exersa împreună pentru a-și dezvolta abilitățile colective de învățare. „Echipele care învață, chiar învață să învețe împreună”[61]. Pentru aceasta au fost create „laboratoare de învățare” și „micro-lumi” generate pe calculator în care echipa care învață se confruntă cu diverse situații ipotetice și exersează dialogul și discuția pentru a-și dezvolta aceste abilități.

6.2.3. Viziunea lui Deming asupra educației

Absolvent al universităților Colorado și Yale în specializările matematică și fizică, inginer în domeniul electric, Deming a fost pasionat de statistică și management, învățăturile și filozofia sa fiind adoptate de industria japoneză și extinse apoi la managementul industrial. El a fost pionierul și promotorul conceptului „Managementul calității totale”. În cartea sa „Noile economii pentru industrie, guvern și educație” apărută în 1993, Deming susține că [29]: în industrie nu se poate aplica un management al calității, așa cum îl concepute el, deoarece managerii și cei care lucrează acolo se află sub influența unei pregătiri educaționale formative. El se lovește de rezultatele unui sistem educațional neconform cu ideile sale, sistem clădit și desfășurat în era mașinilor. Învățământul sub forma „liniei de asamblare” este considerat de către acesta „distrugător de oameni” deoarece, chiar dacă oamenii se nasc cu o motivație intrinsecă, cu auto-respect, curiozitate și dorința de a învăța, sistemul educațional îi reduce la simple „produse”, îi împarte în ierarhii, astfel încât, adevărul absolut este întotdeauna deținut de cel aflat pe treapta cea mai de sus.

În această situație, sistemul de management propus de către Deming și care forma o legătură puternică între muncă și școală nu se putea aplica. „Relația dintre un șef și un subordonat este aceeași relație dintre un elev și un profesor”, spunea el. Cel care stabilește scopurile și are răspunsurile este profesorul/șeful, elevul/muncitorul fiind nevoit să răspundă în conformitate cu acele scopuri și să se străduiască să găsească răspunsul corect, „încercând să le facă pe plac șefilor și ratând șansa de a îmbunătăți sistemul care ar trebui să îi servească, de fapt, pe clienți”[29].

În acest context, Deming a subliniat că sistemul de management nu se va putea transforma și adapta cerințelor societății actuale fără să fie mai întâi transformat sistemul de educație. „Acestea două formează unul și același sistem”[29]. Transformarea acestor sisteme necesită „cunoștințe aprofundate” neexploatate până atunci, cunoștințe prezentate sub forma unor elemente care stau la baza enunțării mai târziu de către Senge a celor cinci discipline specifice unei organizații care învață.

Ținând cont de faptul că într-o organizație echipele reprezintă unitățile fundamentale, educația trebuie să se îndrepte spre dezvoltarea abilităților de învățare de bază ale echipei. Cele trei abilități de bază propuse de către Deming crează un echilibru în dezvoltarea echipei, fiind reprezentate simbolic ca un scaun cu trei picioare(Fig.6.25.).

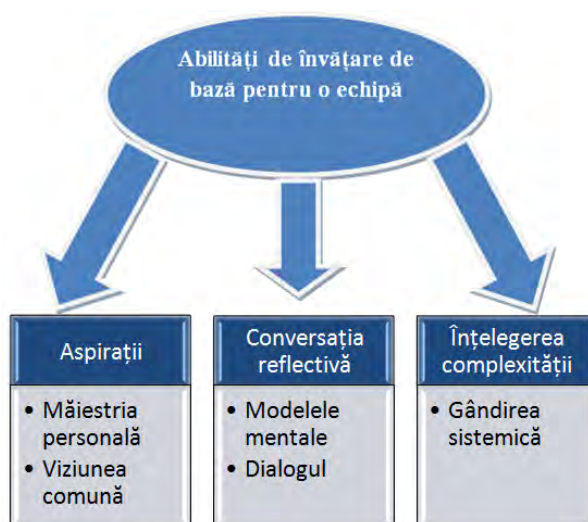


Fig. 6.25. Viziunea lui Deming privind educația

Aceste abilități, creionate de către Deming, vor reprezenta mai târziu disciplinele unei organizații care învață, studiate de către Senge: Aspirațiile echipei, țin de măiestria personală a membrilor ei și de viziunea comună a acestora; Conversația reflectivă, implică dialogul și lucrul în echipă și se bazează pe modele mentale ale fiecăruia.

6.3. Analogia om – mașină inteligentă

6.3.1. Inteligență, conștiință, conștiință

Rolul major pe care educația îl are în formarea profesională și evoluția ca individ a omului este de netăgăduit. Dar ce modelează și unde intervine educația? Sporește inteligența, educă conștiința, clarifică conștiința, sau toate acestea la un loc?

În anul 1990, dr. Thomas Bouchard de la Universitatea din Minnesota susținea în urma unui studiu efectuat pe gemeni, că aproape 70% din inteligența unei persoane este moștenită. Cercetările ulterioare efectuate de oamenii de știință au coborât procentul la 50%. Studiile au fost demontate în anul 2012, când un grup de cercetători americani de la Universitatea Harvard au afirmat că majoritatea genelor care „dictează” gradul de inteligență al unui individ nu au legătură cu moștenirea genetică, iar gradul de inteligență moștenit nu poate fi calculat cu exactitate deocamdată.

Fără îndoială, bagajul genetic influențează inteligența unei persoane, rămâne de clarificat doar modul în care o face. Cercetător în neuroștiințe al Universității de Medicină București, Radu Braga a concluzionat în urma studiilor sale faptul că:

„Componenta genetică este responsabilă în primul rând de asigurarea unei infrastructuri funcționale și în mult mai mică măsură de modul în care aceasta este utilizată. Practic, materialul genetic moștenit de la părinți asigură formarea unor celule nervoase sănătoase și creează premisele conectării ulterioare a acestor celule. Conectarea efectivă și realizarea unor rețele funcționale eficiente se realizează însă în urma unor stimuli din mediul exterior” [2].

Inteligența unei persoane depinde de complexitatea creierului, complexitate care la rândul ei este dată de numărul sinapselor (conexiunilor) produse de fiecare noțiune învățată. De altfel, încă din viața intrauterină sinapsele încep să se formeze sub acțiunea stimulilor din exterior. „Cele două componente, genetică și senzorială, se îmbină în acest moment al vieții, creând o ființă unică. După naștere, aportul informației externe în dezvoltarea individului capătă o pondere covârșitoare. Sugarul este copleșit de volumul imens de informație” [2].

Ceea ce sunt considerate „moștenire” de la părinți, rezultate pe fondul unor variații genetice sunt talentele sau așa-zisele abilități. Dar, pentru a putea fi dezvoltat și pentru a se putea ajunge la performanță, acest talent trebuie identificat. În acest sens, mediul și activitățile pe care le desfășoară individul sunt hotărâtoare.

Radu Braga prezintă o bună ilustrare a modului în care moștenirea genetică influențează inteligența: „Dacă am dori să construim o casă, materialul genetic ar fi responsabil de calitatea cărămizilor. Planul casei și mai tot ce ține de complexitatea produsului final au legătură cu alți factori [2] ”.

Nefiind un lucru material ci un concept abstract dificil de definit, prin inteligență se poate înțelege: „capacitatea de a înțelege ușor și bine, de a sesiza ceea ce este esențial, de a rezolva situații sau probleme noi pe baza experienței acumulate anterior[46,47]”. Printre attributele inteligenței pot fi considerate „proprietățile de a raționa, de a asimila, de a obține și aplica cunoștințe, de a manipula și comunica idei, de a învăța”[46].

Prin educație, inteligența unui om se desăvârșește. Educația este cea care ajută la „creșterea” individului oferind, așa cum afirma John Dewey, „metode de învățare și readaptare a activității la noi împrejurări și a mijloacelor la noi scopuri” fiind un „proces de continuă reorganizare, reconstrucție, transformare[30]”.

O caracteristică specifică omului, „forma cea mai înaltă de reflectare a realității obiective, produs al materiei superior organizate - creierul uman - și al vieții sociale [77]” este conștiința. Conștiința este sentimentul pe care ființa umană îl are despre propria existență, este

„însușirea unei ființe de a realiza, la modul reflexiv, cine este, cu cine este, unde se află și în ce moment de timp se află. A ști cine ești înseamnă a fi orientat autopsihic. A ști în ce companie te afli definește orientarea allopsihică. A cunoaște unde și în ce moment te afli înseamnă a fi orientat spațial și temporal”[79].

Deoarece moralitatea reprezintă o reflecție a conștiinței, un rol major în educația omului îl are educația morală, care determină ca acțiunile acestuia să se realizeze prin respectarea normelor și regulilor sociale. Formarea personalității unui individ se bazează deci pe acțiuni și deprinderi moral-civice care, la rândul lor, sunt rezultatul formării conduitei și conștiinței morale desăvârșite prin educație.

Starea de luciditate pe care omul o asociază existenței proprii persoane și mediului extern reprezintă conștiința. Conștiința este un fenomen specific organismelor posesoare de sistem nervos central bine dezvoltat având maximul de dezvoltare la om. Aceasta presupune „percepție (reflectarea în sistemul nervos central a evenimentelor din lumea înconjurătoare), memorie (stocaj și destocaj continuu de informații asupra evenimentelor interne sau externe), integrare gnostică (a cunoașterii), atenție, activitate volitională, afectivitate, etc.”[77]. Educația omului este o activitate conștientă care determină formarea

personalității în funcție de solicitările prezentului și de perspectiva societății.

Samuel Aun Weor abordează procesul educațional, în cartea sa Educația fundamentală, în funcție de cele trei aspecte discutate anterior. „La ce servește educația dacă nu devenim cu adevărat creatori conștienți, inteligenți?(...) inteligența se trezește în noi atunci când se trezește conștiința”[5].

Educația este cea care a favorizat dezvoltarea tehnologiei, astfel încât s-a ajuns în punctul în care „mașinile să îndeplinească sarcini și funcții care necesită inteligență dacă ar fi făcute de către om”[12]. Considerată de unii cercetători o „reproducere sau duplicare a procesului uman de gândire”[46], inteligența artificială reprezintă materializarea eforturilor de patru decenii de „a face mașinile să gândească la fel de inteligent ca oamenii”[46]. Inteligența artificială reprezintă, în acest moment, mai mult decât un sistem computerizat sau un program care să realizeze funcții complexe.

Din punct de vedere tehnologic inteligența artificială poate depăși inteligența naturală deoarece cercetările actuale în domeniul inteligenței artificiale includ [46]:

- educarea mașinii, prin care calculatorul învață comparând exemple cu ce ceea ce este corect și cu ceea ce este greșit (cazul algoritmilor genetici), sau mașina să țină o evidență cu toate situațiile întâlnite, ajutând operatorul uman să obțină o listă cu toate cazurile similare (cazul rețelelor neuronale);
- înțelegerea limbajului, prin care mașina recunoaște cuvintele izolate și mai apoi înțelege propozițiile formate din mai multe cuvinte. O problemă deosebită o reprezintă înțelegerea semnificației mesajului din cuvinte, astfel încât una din direcțiile de cercetare în domeniul inteligenței artificiale, pe lângă recunoașterea cuvintelor și recunoașterea vorbirii, este înțelegerea vorbirii;
- raționamentul (case-based reasoning), prin care computerele învață să se folosească de cunoaștere pentru a obține o nouă cunoaștere, prin crearea unei baze de date care descrie situațiile anterioare și utilizarea ei pentru rezolvarea unor situații asemănătoare;
- inteligența artificială distribuită, bazată pe ideea că mai multe inteligențe mici pot face mai mult decât o inteligență mai mare, astfel încât problema mare este fragmentată în probleme mai mici și mai simple, fiecare fragment fiind rezolvat de către un agent separat.

Cantitatea imensă de informații pe care o poate gestiona inteligența artificială și dezvoltarea din punct de vedere tehnologic este

exploatată atunci când nu intervine aspectul psihologic. Yuval Noah Harari afirma în cartea „Homo Deus. Scurtă istorie a viitorului” (2015) că: „La fel cum avioanele zboară mai rapid decât păsările fără să le crească vreodată pene, tot așa computerele ar putea ajunge să rezolve probleme mult mai bine decât mamiferele fără să dobândească sentimente”.

Între inteligența naturală și cea artificială intervine deci aspectul psihologic, putându-se lua în considerare următoarele relații:

$$IN=IA+\Delta(IA)$$

$$\text{Omul}=IN+\text{conștiință},$$

unde IN reprezintă inteligența naturală, IA reprezintă inteligența artificială, iar $\Delta(IA)$ este influența conștiinței asupra inteligenței omului.

Se observă faptul că cele două aspecte psihologice, conștiința și conștiența, specifice omului, sunt foarte greu de implementat într-un sistem artificial oricât ar fi el de inteligent. Înțelegerea și exprimarea emoțiilor și sentimentelor, starea de conștientizare a propriei persoane reprezintă teorii pe care cercetătorii încearcă să le implementeze cu succes. Dovada o reprezintă cei trei roboți avansați (Fig.6.26.), dotați cu sisteme de inteligență artificială și senzori performanți, care sunt capabili să comunice între ei, dar și cu operatorul uman, să realizeze sarcini complexe și să se adapteze unor situații neprevăzute.

Robotul ASIMO fabricat de Honda și prezentat în anul 2000, poate să urce scări, dansează, recunoaște obstacole și poate alerga ceea ce demonstrează bune abilități fizice. Cu toate acestea, robotul nu a putut să detecteze emoțiile oamenilor și să intre în contact cu aceștia.

În anul 2010 la intrarea sălii de expoziții Toyota Kaikan era prezentată Robina. Misiunea ei era de a ghida oaspeții în interiorul expoziției, de a discuta și chiar de a semna autografe la plecare.

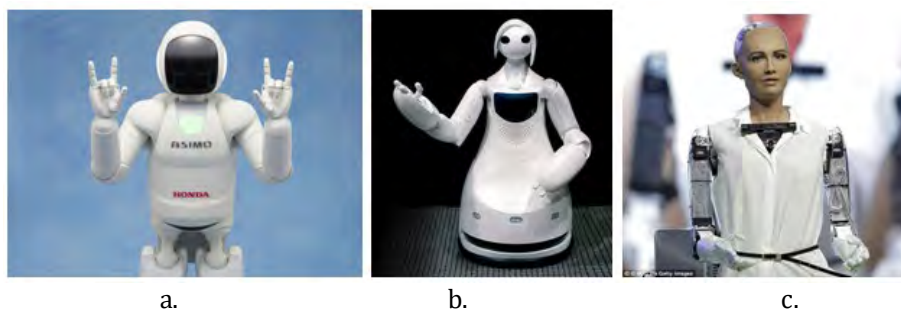


Fig. 6.26. Roboți dotați cu sisteme de inteligență artificială performante (a- Robotul ASIMO[89], b- Robotul ROBINA [90], c- Robotul SOPHIA [58])

Robotul Sophia a fost activat în 2015, fiind realizarea companiei Hanson Robotics din Hong Kong. Acesta a fost conceput pentru a învăța și a se adapta la comportamentul uman pentru a lucra cu oameni.

Chiar dacă oamenii au parcurs milioane de ani, iar intelectul lor a evoluat în tot acest timp fiind foarte greu de egalat sau de depășit, cunoscutul astrofizician Stephen Hawking este convins de faptul că:

„Evoluția tehnologiei este atât de rapidă încât va depăși în viitor dezvoltarea rasei umane, întrucât oamenii sunt limitați de evoluția biologică lentă. Astfel, oamenii vor fi depășiți rapid de noile invenții și în cele din urmă inteligența artificială va fi mai puternică”[64].

6.3.2. Structura anatomică om – mașină inteligentă

Dacă din punct de vedere al inteligenței cercetările actuale urmăresc realizarea pe cale artificială a cât mai multe funcții ale inteligenței naturale, din punct de vedere anatomic se încearcă construirea unei mașini care să dețină un comportament și să îndeplinească funcțiile specifice unui om. Astfel, mașina [46,48]: „cu proprietăți senzoriale, capacitate de planificare, recunoaștere a formelor, navigare, învățare (cu disponibilități de prelucrare avansată a informațiilor)”, capabilă să ia decizii chiar și în condiții de incertitudine, este considerată a fi o mașină inteligentă.

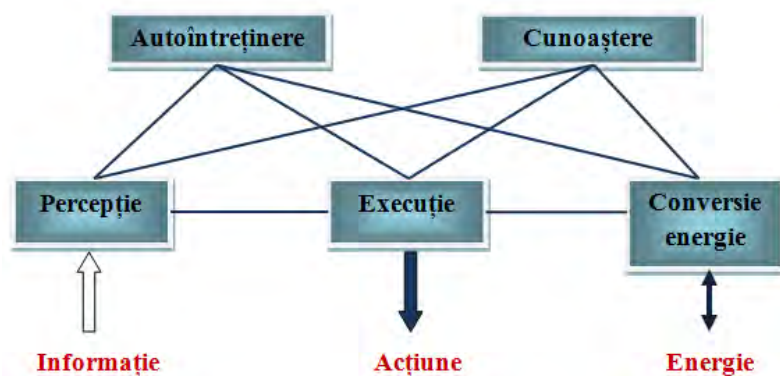


Fig. 6.27. Arhitectura unei mașini inteligente

Organismul uman este un sistem biologic deschis, alcătuit din subsisteme interconectate, care îi asigură în primul rând supraviețuirea, autoreglarea, autoorganizarea și autoreproducerea, capabil să facă schimb de materie, energie și informație cu mediul exterior. Pe această bază s-a realizat și structura unei mașini inteligente, care interacționează

cu mediul prin intermediul unor intrări și ieșiri care pot fi de tipul informații, energie, material, acțiuni mecanice, etc.

Structura ierarhizată de tip rețea prezentată în figura 6.27. poate răspunde tuturor funcțiilor pe care le are o mașină inteligentă, fiind evidențiate următoarele subsisteme de bază, echivalente cu cele ale organismului uman[46,48]:

- Subsistemul de percepție, care are rolul de a colecta, stoca, procesa și distribui informații despre starea mașinii și mediul unde operează aceasta;
- Subsistemul de cunoaștere, care evaluează informațiile primite de la sistemul de percepție și planifică acțiunile mașinii;
- Subsistemul de execuție, care pe baza informațiilor primite de la subsistemul de percepție și cel de cunoaștere este responsabil cu desfășurarea tuturor acțiunilor;
- Subsistemul de autoîntreținere, care monitorizează comportarea mașinii pentru a preveni și sesiza eventualele defecte ce pot să apară în timpul funcționării, eventual să realizeze o autoreparare (în cazuri particulare), menținând mașina în condiții bune de funcționare;
- Subsistemul de conversie a energiei, care asigură forma și cantitatea de energie necesară ca toate subsistemele, respectiv, mașina în ansamblu, să funcționeze.

Din punct de vedere anatomic, omul are două componente distincte: corpul fizic, având o structură minerală compusă din atomi și molecule și „suflare de viață” [Scripturi, Geneza 2:7 și 8], adică sufletul ce animă întregul organism. Între corpul fizic și suflet se realizează o conectare, deocamdată inexplicabilă, care reprezintă o sursă de energie, numită „viață”. Totodată, această conectare face posibil ca gândurile, voința spiritului să fie îndeplinite de organismul fizic.

Există trei planuri care descriu „funcționarea” omului [65]: Planul Mental, considerat cel mai apropiat de spirit, unitatea de bază a acestuia fiind informația percepută ca imagine sau sunet. Dinamica acestor imagini și sunete ce se „perindă prin minte” reprezintă tocmai „acele gânduri ce se rostogolesc fără control”; Planul Astral, este planul dorințelor, sentimentelor având o vibrație mai joasă decât cel al gândurilor, elementul definitoriu al acestuia fiind energia, deoarece „forța sau energia stau tocmai în puterea sentimentelor”; Planul Fizic sau Material, având vibrații atât de reduse încât stimulii exteriori pot fi captați de analizatorii corpului fizic și pot executa acțiuni asupra mediului exterior.

Considerând unitatea de bază pentru Planul Mental, Informația, pentru Planul Astral, Energia, iar pentru Planul Fizic, Materia, se observă că pentru a „exista” și a evolua, omul are nevoie de toate cele trei unități, care nu pot fi luate în considerare separat ci doar împreună, întrepătrunse. Omul are, în structura sa toate instrumentele cu care să perceapă și să modeleze ceea ce este în jurul său, utilizând mentalul, spiritul și fizicul într-un tot unitar.

Tehnologia mecatronică este cea care a luat în considerare, alături de cele două elemente de bază, energia și materia, și problema informației, considerată [46-48] „dătătoare de ton” pentru întreg ansamblul unui sistem. Poziția informației în raport cu energia și materialul a fost motivată, din punct de vedere mecatronic de următoarele[46-48]: „informația asigură satisfacerea nevoilor spirituale ale omului; informația asigură creșterea valorii nou adăugate a tuturor lucrurilor; informația înseamnă cultură.”



Fig. 6.28. Similitudini între om și produsele mecatronice [71]

Considerată „știința mașinilor inteligente”[46], mecatronica ne arată faptul că „comportamentul mașinilor nu mai este unul rigid (...), ci unul care poate fi gestionat cu ajutorul informației”[71]. Având o structură fizică, ce include toate componentele ce alcătuiesc mașina, precum și un sistem de transmitere și prelucrare a energiei, mașinile inteligente dețin posibilitatea de a primi instrucțiuni, de a evalua informații și de a acționa în funcție de acestea, fiind, până la un punct analoage cu omul (Fig.6.28.).

Încercarea de a realiza o mașină inteligentă care să imite performanțele comportamentului uman reprezintă o adevărată provocare, chiar dacă deocamdată nu s-a identificat în întregime mecanismul de procesare, respectiv puterea creierului uman. Realizând

o analiză comparativă între comportamentul uman și cel al unei mașini inteligente, în tabelele 6.1 și 6.2 sunt reliefate avantajele și dezavantajele unei mașini inteligente.

Tabel 6.1. Avantajele mașinii inteligente [36]

Caracteristica	Abilitatea umană	Abilitatea mașinii
Cunoașterea	Perisabilă	Permanentă
Raționament	Inconsecventă	Consecventă
Expertiza	Restrânsă	Vastă
Abilitatea de procesare	Inconsecventă	Foarte consecventă
Rezistență	Limitată	Nelimitată
Gândirea	Mortală	Fără moarte

Tabel 6.2. Limitările mașinii inteligente [36]

Caracteristica	Abilitatea umană	Abilitatea mașinii
Cunoașterea	Evolutivă	Statică
Raționament	Nelimitată	Limitată
Expertiza	Creativă	Fără inspirație
Abilitatea de procesare	Multiplă	Singulară
Gândirea	Conștientă	Inconștientă

Ambele sisteme, om și mașină inteligentă au o parte hardware constituită din subsisteme și componente care pot primi, prelucra, stoca și reda informații sub manifestarea diverselor forme de energie și o parte software (Fig.6.29). Acesta reprezintă partea logică a sistemelor, fiind reprezentată de modul de a gândi, dat, în cazul mașinilor inteligente de sistemele de operare, programe, drivere, etc.

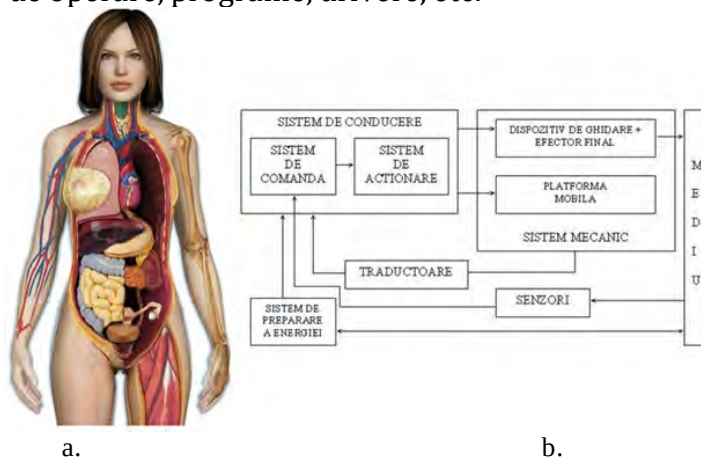


Fig. 6.29. Anatomia organismului uman(a), anatomia unei mașini inteligente (b)

Cele cinci organe de simț ale omului, ochiul, nasul, gura, urechea și pielea care receptează excitanții din mediul înconjurător și transmit informațiile spre creier, se regăsesc, într-o mașină inteligentă sub forma unor senzori care recepționează și furnizează informații sistemului de comandă despre parametrii mediului în care se află mașina. Traductoarele și aparatele de măsură transmit informații despre starea internă a mașinii, respectiv despre poziții și mișcări relative ale sistemului mecanic și parametrii funcționali ai sistemului de comandă.

Sistemul nervos al omului este cea mai complexă rețea de control și distribuție a informației din organism, fiind tutelat de creier. Sistemul de comandă din structura unei mașini inteligente prelucrează informațiile provenite de la sistemul mecanic, sistemul de acționare și de la mediu, emite comenzi către sistemul de acționare stabilind succesiunea parametrilor și durata mișcărilor elementelor mecanice.

Sistemul muscular, cu ajutorul căruia se realizează locomoția, se regăsește în sistemul de acționare al mașinii care are drept scop punerea în mișcare a elementelor sistemului mecanic.

Așa cum sistemul osos susține mușchii formând împreună aparatul locomotor, sistemul mecanic are rolul de a impune obiectului manipulat mișcarea dorită. Aparatul locomotor al omului poate fi reprezentat de platforma mobilă a mașinii.

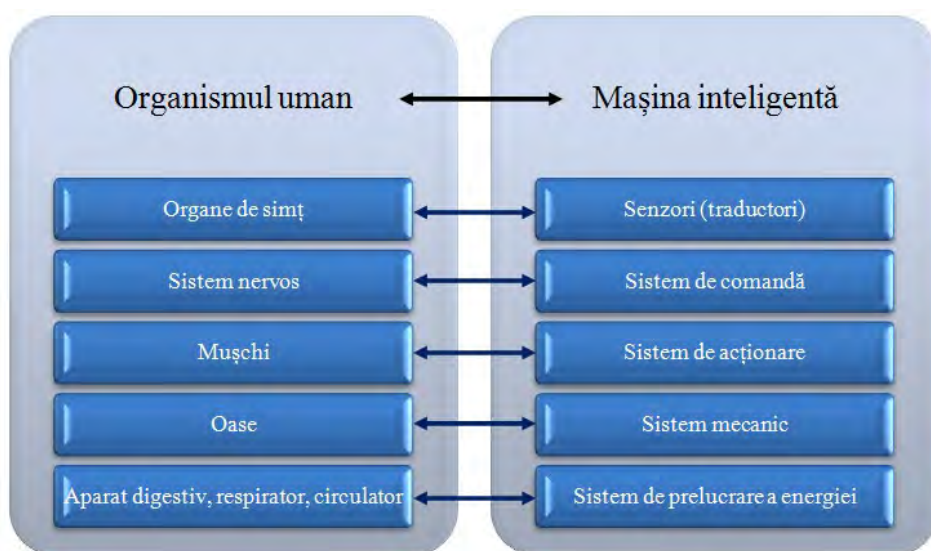


Fig. 6.30. Corespondența între structura organismului uman și structura unei mașini inteligente

Energia necesară funcționării organismului uman este asigurată prin conlucrarea aparatelor digestiv, respirator și circulator, iar pentru sistemul de acționare al mașinii inteligente este necesar un sistem de preparare al energiei care poate fi de natură hidraulică, pneumatică sau electrică (Fig.6.30.).

Dacă pentru organismul uman mediul este cel care furnizează resursele necesare vieții și reprezintă spațiul unde își desfășoară activitățile, pentru o mașină inteligentă mediul este spațiul în care aceasta funcționează, cu obiectele conținute și cu fenomenele care au loc în acest spațiu.

Modurile în care reacționează omul și mașina inteligentă la atingerea unui obiect precum și traseul informațional pentru cele două cazuri, sunt ilustrate în figura 6.31.

În cazul omului, la atingerea unui obiect cu mâna apar două tipuri de informații: informații tactile, datorate pielii care intră în contact cu un obiect și informații kinestezice care se referă la forțele de contact. Acestea sunt transmise creierului care comandă mușchii, generând mișcarea de prindere.

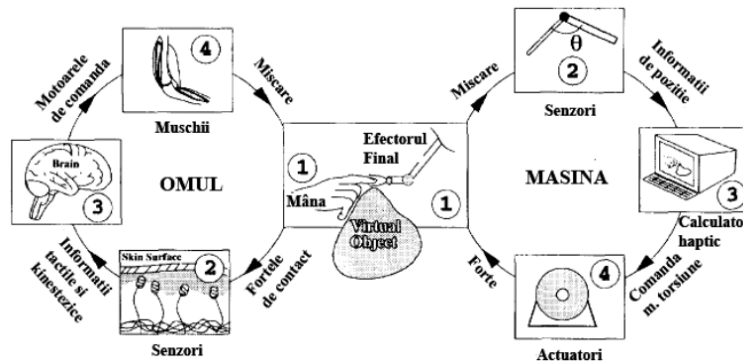


Fig. 6.31. Comportarea la prinderea unui obiect pentru om și mașină inteligentă [13]

Informațiile tactile sunt cele care lipsesc în traseul informațional al mașinii inteligente, ele reprezentând variabilele din traseul specific omului, în funcție de care se stabilesc variațiile forțelor de contact după atingere.

Atât în anatomia omului cât și în structura unei mașini inteligente pot fi ușor evidențiate dependențele între cele trei funcții: cea de percepție, cea de procesare și cea de execuție. Se poate considera astfel o parte hardware compusă din senzori și traductoare care percep

activitatea, și mușchi, respectiv actuatori, care execută mișcarea și o parte software care procesează informațiile și transmite deciziile.

6.3.2.1. Analiza funcției de percepție

Percepția este cea care asigură informații despre mediul în care se află un sistem și despre starea acestuia.

Omul, aflat într-un permanent schimb de informații, energie și substanțe cu mediul înconjurător, utilizează pentru percepția acestuia cele cinci simțuri de care dispune în următoarele proporții: 83% prin vâz, 11% prin auz, 3,5% prin miros, 1,5% prin tactil și doar 1% prin gust. Pe lângă acestea, organismul uman este capabil să primească și informații din mediul său intern datorită unui alt simț, cel kinestezic. Dacă asupra unei celule receptoare din organismul uman acționează un factor fizico-chimic din mediul extern sau intern provocând modificări tranzitorii și propagabile ale stării acestora se consideră că avem de-a face cu un stimul. Atunci când este recunoscut în mod conștient un stimul ce acționează asupra organismului apare senzația, iar procesul de interpretare și apreciere a caracterului senzației reprezintă percepția.

Analizând stimulul ca element inițial în procesul de percepție pentru organismul uman se observă faptul că acesta face parte dintr-o structură mult mai complexă care are rolul de a recepta, transmite, prelucra și interpreta informația, numită analizator (Fig.6.32.). În această situație se poate afirma faptul că organismul uman stabilește o legătură cu mediul exterior și interior pe baza următorilor analizatori: analizatorul auditiv, analizatorul vizual, analizatorul cutanat, analizatorul olfactiv, analizatorul gustativ și analizatorul kinestezic.

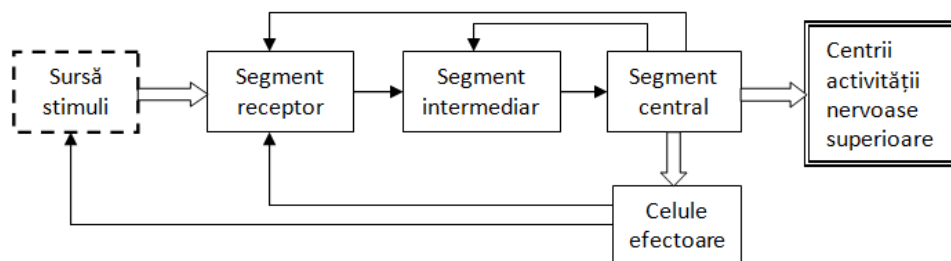


Fig. 6.32. Structura unui analizator [46,48]

Segmentul receptor sau periferic este cel care interacționează cu mediul având în structură celule receptoare specializate de detectare de

stimuli și care pot percepe o anumită formă de energie din mediul intern sau extern.

Segmentul intermediar sau de conducere este constituit din căi nervoase având rolul ca prin impuls nervos să conducă stimulii spre scoarța cerebrală.

Segmentul central este reprezentat de scoarța cerebrală având rolul de prelucrare a informației și elaborare de comenzi spre centrii activității nervoase superioare și celulele efectoare.

Pentru o mașină inteligentă, informațiile referitoare la proces și mediu se obțin cu ajutorul traductorilor și senzorilor. De altfel, denumirea de senzor provine de la cuvântul latin „sensus” care înseamnă „simț”, termen specific organismelor vii. Acesta poate reprezenta capacitatea organelor de simț de a prelucra informațiile din mediul înconjurător și de a le transmite la creier. Dacă traductorul este considerat „un dispozitiv elementar, capabil să convertească o mărime fizică de intrare într-o mărime electrică de ieșire” [46], fără să conțină elemente de procesare, senzorul, pe lângă procesul de convertire realizat de către traductor este capabil să proceseze informația în funcție de un algoritm dat și să furnizeze o ieșire care poate fi ușor interfașabilă cu un sistem de calcul. În prezent, unii senzori reușesc ca, pe lângă procesarea digitală a semnalelor, să realizeze și corecții ale erorilor din procesul de detecție. Pot efectua, de asemenea și autocalibrarea și autotestarea în cazul unor anomalii în funcționare datorită integrării în structura lor a unor microprocesoare care îi transformă în senzori inteligenți.

Mărimea de măsurare este aplicată traductorului care o transformă într-un semnal informațional, cel mai adesea de natură electrică. Condiționarea și prelucrarea semnalului constă într-o succesiune de transformări analogice și digitale și prelucrări de tipul amplificări/atenuări de semnale, filtrare, izolare electrică, conversie curent-tensiune, etc., care îl fac apt pentru a putea fi aplicat unui procesor care interpretează datele primite, le prelucrează și emite semnale de comandă (Fig.6.33.).

Realizând o comparație între un analizator uman și un senzor utilizat la o mașină inteligentă se poate afirma că „prin senzor se va înțelege dispozitivul tehnic destinat înzestrării mașinilor cu simțuri” [54].

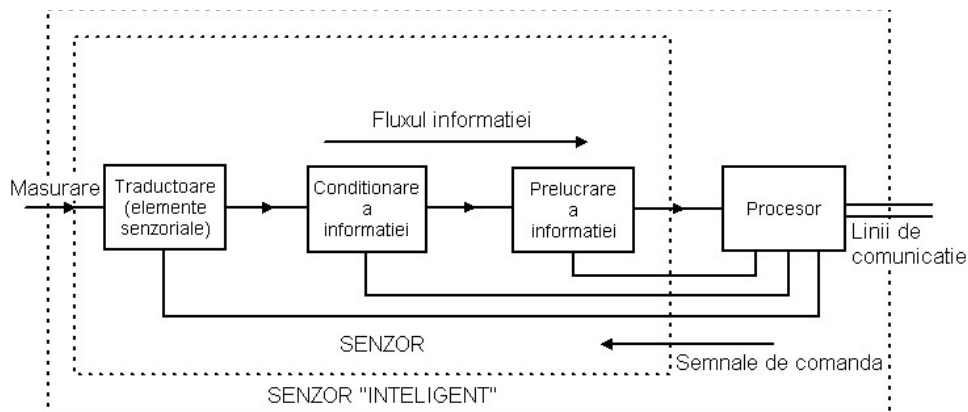


Fig. 6.33. Structura unui senzor [54]

Așa cum calitatea vieții pentru un om este influențată de calitatea analizatorilor, se poate lua în considerare faptul că, „calitatea” unei mașini inteligente este dependentă de „calitatea” senzorilor pe care îi deține.

6.3.2.2. Analiza funcției de cunoaștere

Atunci când un sistem poate lua decizii pe baza informațiilor oferite de percepție, se poate vorbi de „cunoaștere”. Prin urmare, cunoașterea se referă la capacitatea de a planifica și iniția acțiuni, mergând până la capabilitatea de a învăța din propria experiență și astfel de a-și modifica comportarea privind luarea deciziilor.

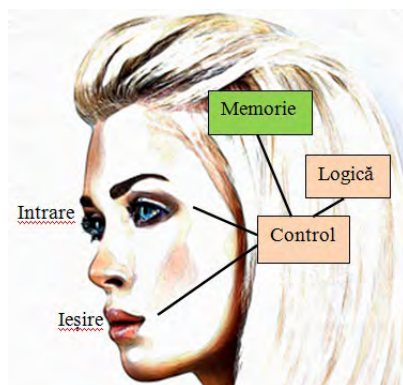


Fig. 6.34. Funcția de cunoaștere pentru om

Pentru om, această funcție este realizată de către cel mai complex organ pe care îl deține, creierul, considerat un sistem centralizat de nivel superior. Pe baza informațiilor primite de la sistemul senzorial acesta coordonează funcționarea întregului organism. Alcătuit din patru zone distincte, trunchi cerebral, cerebel, diencefal și emisfere cerebrale, creierul asigură controlul funcțiilor vitale, controlul motor și cel al funcțiilor autonome, direcționând informații la nivelul întregului organism. Cunoașterea (Fig.6.34.), pentru creierul uman se realizează la nivelul superior al creierului unde se produce gândirea logică, obiectivă și unde se „depozițează” informații.

Funcția de cunoaștere pentru o mașină inteligentă este realizată de către computer. Arhitectura ce cuprinde conceptele de bază echivalente creierului uman este arhitectura von Newmann ce datează din anul 1940 fiind cea mai răspândită arhitectură a unui computer până în prezent. Renumitul matematician și pionier al informaticii, John von Newmann a propus o structură formată din cinci module interconectate prin magistrale pe care circulă datele de calcul și instrucțiunile de program (Fig.6.35).

Unitatea aritmetică-logică reprezintă „creierul” calculatorului, fiind capabilă să efectueze mai multe tipuri de operații: aritmetice, de comparație, demanevrare a datelor, de ordonare a fluxului de instrucțiuni.

Unitatea de control este modulul central care comandă și leagă celelalte module între ele, având rolul de a culege și decoda instrucțiunile și datele din memorie sau de la dispozitivele de intrare și ieșire. Aceasta comandă unitatea aritmetică-logică indicând ce operație să efectueze asupra intrărilor și ce rezultate să trimită în memorie sau către dispozitivele de ieșire.

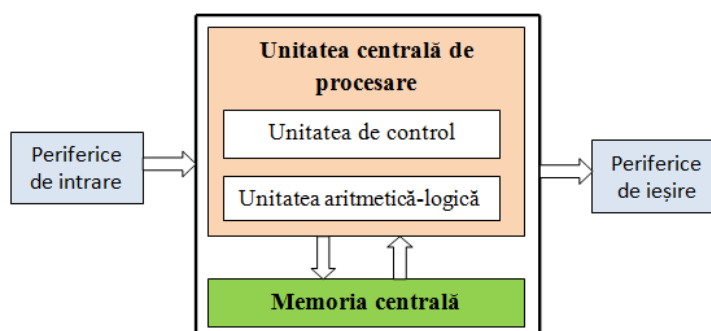


Fig. 6.35. Arhitectura unui computer după modelul von Newmann [79]

Memoria calculatorului, considerată ca fiind un șir de celule numerotate, este cea care înmagazinează informația, prezentă sub formă de instrucțiuni sau date. Rolul acesteia este de a indica unităților metodele și mijloacele prin care se pot realiza cerințele fiecăreia. Prin dispozitivele periferice de intrare computerul preia informații din mediul exterior, iar prin cele de ieșire raportează rezultatele exteriorului.

Începând din anul 1980, unitatea aritmetică-logică și unitatea de control se plasează unitar în același circuit integrat numit unitate centrală de procesare sau procesor.

Deși prezentate separat din punct de vedere structural și al funcțiilor îndeplinite nu se poate trece cu vederea analogia creier-computer. Structural, atât creierul cât și calculatorul au cinci componente fundamentale: ochii- reprezintă dispozitivul periferic de intrare, gura (corzile vocale)- reprezintă dispozitivul periferic de ieșire, iar sistemul nervos central (creierul), care asigură rolul de control, memorie și calcule logice -poate fi corespondentul calculatorului.

Din punct de vedere funcțional, creierul este compus din aproximativ 20 miliarde de celule nervoase, numite neuroni care au rolul de a genera și transmite impulsuri nervoase. Impulsurile modifică atât fizic cât și chimic corpul neuronului, astfel, prezența sau absența impulsului pentru neuron poate fi interpretată ca o stare alternantă on/off. Ținând cont de faptul că informația se transmite între neuroni cu ajutorul unor legături numite sinapse care depind de valoarea impulsului transmis (informația este transmisă când este depășit un nivel de prag și este inhibată când pragul nu este depășit) se poate lua în considerare faptul că acestea funcționează ca niște porți logice. Astfel, se poate spune că atât creierul, cât și procesul gândirii au un caracter digital, specific funcționării unui computer.

6.3.2.3. Analiza funcției de execuție

Deopotrivă la om și la mașina inteligentă, funcția de execuție se realizează pe baza instrucțiunilor primite de la subsistemele de percepție și cunoaștere. Aceasta constă în inițierea, controlarea și desfășurarea acțiunilor care se finalizează cu realizarea unui lucru mecanic, respectiv, apariția mișcării.

Subsistemul de execuție pentru o mașină inteligentă are în structura sa actuatori (Fig.6.36.), care convertesc energia de intrare în energie de ieșire, prezentă sub formă de energie utilă (mișcare) și energie termică (căldură).

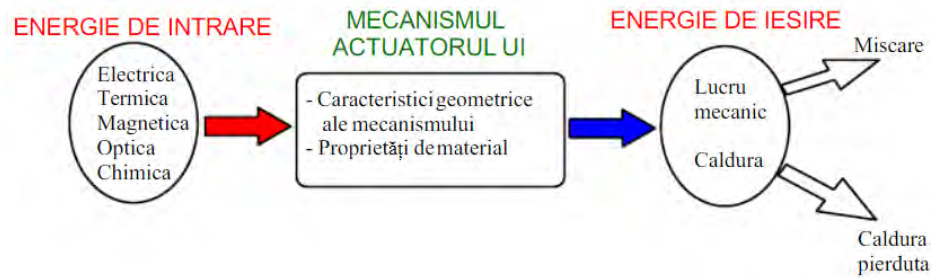


Fig. 6.36.Structura actuatorilor [46]

Realizați într-o mare varietate funcțională și constructivă, actuatorii utilizați în mecatronică sunt concepuți având o mișcare liniară(cilindri),sau rotativă(micromotoare cu palete, microturbine), cu o cursă limitată (micromotoare liniare de curent continuu, microelectromagneți), sau teoretic nelimitată(micromotoare de curent continuu, micromotoare de curent alternativ asincrone și sincrone, micromotoare electrostatice), având unul sau mai multe elemente active în structură (Fig.6.37.).



Fig. 6.37. Muschii organismului uman, actuatorii mașinii inteligente [26]

Pentru om, efectul de acționare se realizează prin aplicarea unor impulsuri nervoase care acționează asupra mușchilor, determinând contracția musculară. La o mașină inteligentă, acest efect este determinat prin trei căi distincte [46]: interacțiunea câmpurilor (interacțiunea câmpurilor magnetice, a curentului electric cu câmpuri magnetice, a sarcinilor electrice), interacțiunea mecanică (fluxul de energie este asigurat prin intermediul unui agent fizic, lichid sau gaz, prin modificarea debitului sau a presiunii acestuia) sau prin deformații liniare(în general, sunt elemente care au în structură materiale „inteligente”, materiale care au capacitatea de a se deforma controlat).

6.3.3. Transmiterea informației la om și mașina inteligentă

Pentru organismul uman, recepționarea, transmiterea și integrarea informațiilor din mediul extern și intern, pe baza cărora elaborează răspunsuri adecvate, motorii și secretorii se realizează de către sistemul nervos. Acesta contribuie la realizarea unității funcționale a organismului și la păstrarea echilibrului dintre organism și mediul înconjurător. Activitatea sistemului nervos se bazează pe „procesul fiziologic de răspuns la un stimul care acționează asupra unui câmp receptor” [30], numit act reflex. Anatomic acesta este alcătuit din receptor, calea aferentă, centrul reflex, calea eferentă și efectorul (Fig.6.38.).

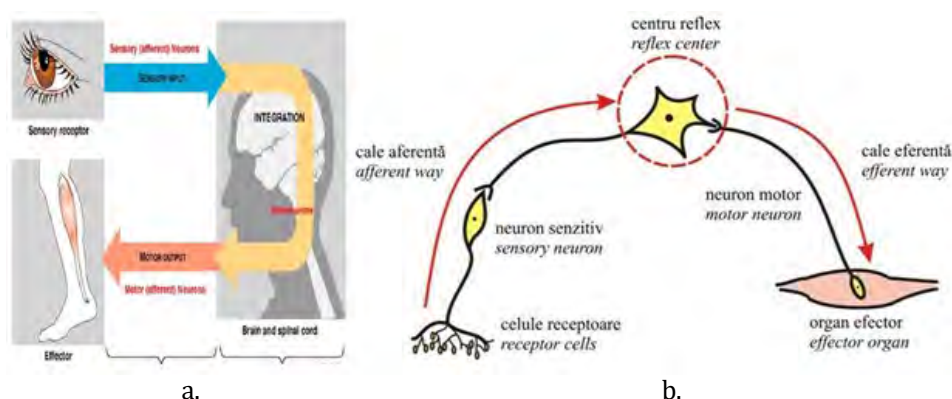


Fig. 6.38. Traseul informației la om:

(a) realizarea acțiunii de deplasare [69], (b) actul reflex [20]

Receptorul transformă energia stimulului primită de la celulele receptoare în influx nervos care se propagă prin calea aferentă spre centrul nervos. Acesta analizează și prelucrează informațiile primite și generează impulsuri nervoase care se transmit prin calea eferentă spre efectori. Efectorii organismului uman sunt mușchii și glandele. În urma comenzilor primite de la centrul nervos, mușchii se contractă, iar glandele răspund prin secreție (Fig.6.39.).

Pentru mecatronică, „știința mașinilor inteligente”[1-4], în procesul tehnologic, pe lângă fluxul de materie și energie, un rol important îl deține fluxul informațional. În societatea actuală, în care materialul și energia reprezintă resurse limitate, epuizabile, un produs devine cu atât mai performant cu cât înglobează mai multă informație.

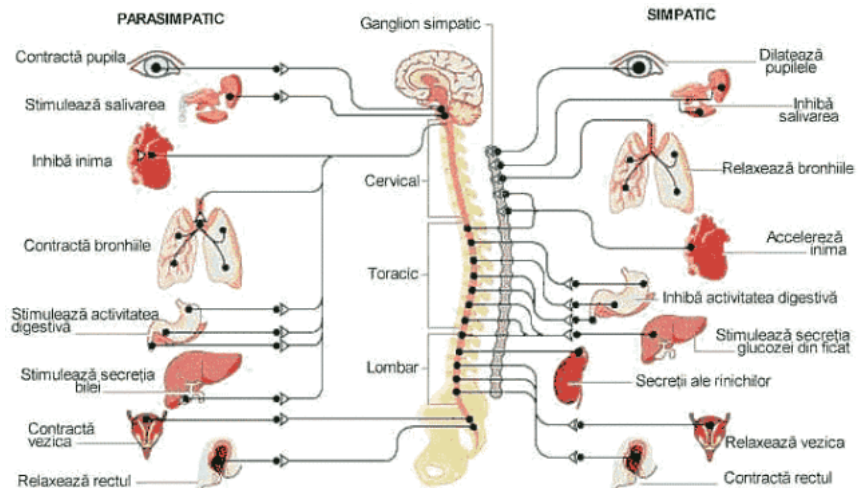


Fig. 6.39. Vedere de ansamblu a sistemului nervos al omului [69]

Fluxul informațional (Fig.6.40.) este cel care străbate toate modulele de bază ale unui sistem mecatronic.

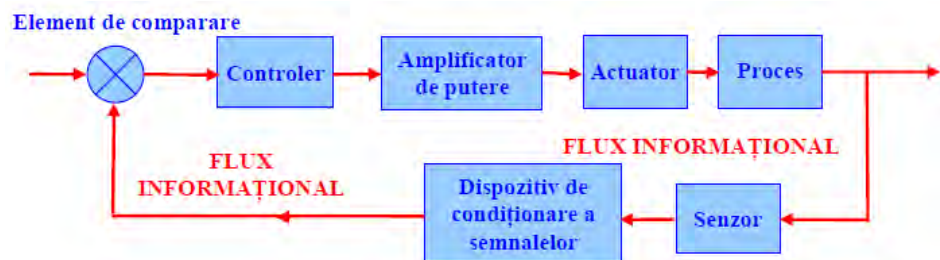


Fig. 6.40. Deplasarea fluxului informațional prin modulele unui sistem mecatronic[46,48]

În elementul de comparație sunt analizate semnalul de ieșire și semnalul de referință, astfel încât, diferența dintre cele două valori se aplică controlerului. Acesta decide, în funcție de semnalul de eroare primit, acțiunea pe care trebuie să o execute pentru a realiza corecturile necesare. Amplificatorul mărește semnalul pentru a putea fi preluat de către actuator, care transformă semnalul de intrare într-unul adaptat procesului. Informația obținută la ieșirea din proces este preluată de către senzori, fiind apoi prelucrată de către dispozitivul de condiționare al semnalelor în funcție de cerințele controlerului.

6.3.4. Componenta software pentru om și mașina inteligentă

Dacă până acum s-a realizat o comparație între componentele hardware ale omului și ale unei mașini inteligente trebuie punctat faptul că niciuna dintre acestea nu poate funcționa fără componenta software care are rolul de a procesa informațiile și de a lua deciziile.

Care dintre cele trei caracteristici specifice omului, inteligența, conștiința și conștiența definesc și influențează softul mental specific omului? Prezentată la începutul capitolului, inteligența este o caracteristică a creierului, dar și un proces. Educația, experiențele acumulate sunt cele care sporesc inteligența și implicit capacitatea de a de a descoperi obiecte și fenomenele din jur, relațiile dintre ele, viteza și modul diversificat de a rezolva probleme și de a da răspunsuri cât mai rapide, ceea ce arată clar faptul că inteligența are o mare influență asupra softului mental.

Formarea personalității și a modului în care răspunde cerințelor societății reflectă conștiința pe care omul și-a format-o, normele, valorile și regulile pe care le deține și care îi vor influența deciziile. Nu se poate nega influența pe care o educație de calitate o are asupra creșterii nivelului conștiinței și implicit asupra softului mental.

Percepția, memoria, atenția sunt atribute ale conștienței, educația omului fiind o activitate conștientă, devine clar faptul că această caracteristică are o influență majoră asupra softului mental.

Deși au fost prezentate individual se observă clar caracterul lor interdependent și sinergetic. Inteligența, conștiința și conștiența se influențează și se determină una pe cealaltă având ca obiectiv obținerea unui soft mental de înaltă clasă, ceea ce se evidențiază prin prezența unor indivizi cu un comportament moral, atenți la mediul din jurul lor, pregătiți să ia rapid cele mai bune decizii.

Din copilărie, fiecare om poartă cu el „tipare de gândire, simțire și acțiune potențială” [40], care se formează de-a lungul vieții și care se imprimă adânc în minte fiind definitorii în toate modurile în care acesta acționează. Făcând o analogie cu programarea calculatoarelor, aceste tipare pot fi numite [40]: „programe mentale” sau „soft mental”. Spre deosebire de calculatoare, programele mentale pot influența comportamentul unui om, dar nu îl definesc în totalitate. Acesta poate acționa în unele cazuri neașteptat, într-un mod creator și nemaiîntâlnit până atunci.

Programul mental se formează în familie, continuă în cercul de apropiati, la școală, la locul de muncă, în comunitatea în care individul

trăiește, fiind influențat de mediul social și de experiențele acumulate. La naștere fiecare om este înzestrat cu un „sistem de operare” [69], având capacitatea de a simți, nevoia de asociere cu ceilalți, aptitudinea de a observa mediul. Acesta poate fi considerat un nivel de programare de bază, pe baza trăsăturilor genetice, a experiențelor trăite și a nivelului de educație putându-se ajunge la un nivel de programare cât mai performant și unic pentru fiecare individ.

Educația, în general, iar educația mecatronică, în special, este cea care facilitează trecerea de la un soft de bază la unul performant, deoarece[40]: „dezvoltarea gândirii integratoare, stimularea creativității, a flexibilității și capacității de adaptare a nevoilor în continuă schimbare ale pieței muncii” se pot realiza exploatând potențialul inovator al platformelor mecatronice educaționale.

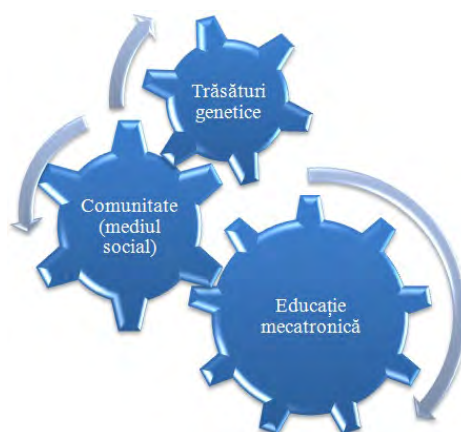


Fig. 6.41. Factori ce influențează nivelul unui soft mental

Din punct de vedere al unei mașini inteligente, evoluția software-ului este cea care îi asigură un plus de valoare acesteia, atunci când resursele materiale și energetice folosite se află la un nivel plafonabil.

6.3.5. Importanța analogiei om-mașină inteligentă pentru dezvoltarea inteligenței intrapersonale

Omul și mașina inteligentă, ambele considerate sisteme ce realizează un schimb de substanță, energie și informație cu mediul în care „supraviețuiesc”, au în structura lor un ansamblu de elemente legate între ele prin forme de interacțiune și interdependență.

Analogia din punct de vedere structural (hard) și funcțional (soft) prezentată anterior, realizarea unei comparații între tipurile de

inteligență corespunzătoare celor două sisteme a scos la iveală o serie de asemănări. Dacă din punct de vedere fizic, atât omul cât și mașina inteligentă ajung la un nivel de dezvoltare ce stagnează în timp, evoluția acestora se manifestă prin utilizarea unor sisteme de operare mai complexe și performante, în cazul mașinii inteligente, respectiv, exploatarea altor tipuri de inteligență, în cazul omului.

Considerată relativ independentă de celelalte tipuri de inteligență descrise de Gardner, inteligența intrapersonală are de a face cu capacitățile introspective ale individului, cu o înțelegere cât mai profundă a sinelui. Deoarece se manifestă ca și o capacitate de autoevaluare, de a te cunoaște și a folosi resursele ființei tale pentru desfășurarea activității, poate fi denumită și inteligența de autocunoaștere.

Inteligența intrapersonală este caracterizată de modul în care sunt gestionate emoțiile. Considerate a fi reacții incontrolabile care aduc modificări bruște și puternice în activitatea organismului uman, emoțiile oglindeau, pentru gândirea clasică, atitudinea individului față de realitate[51]. În anul 2017, Lisa Feldman Barret demonstrează că „emoțiile sunt construcții de moment realizate de sisteme fundamentale care interacționează la nivelul întregului creier și sunt susținute de experiențele de învățare de pe parcursul întregii vieți”[71]. Educația reprezintă pârgia cu care se pot gestiona emoțiile pentru ca apariția acestora să ducă spre o activitate constructivă, iar conștientizarea acestora este instrumentul prin care se poate ajunge la o bună construire a acestora.

Emoțiile, considerate mișcări ale energiei în creierul uman generează comportamente în funcție de softul mental. Influențat de principiile și valorile insuflate de familie și societate, programat cultural pentru un anumit comportament, softul mental generează un comportament previzibil. Prin conștientizarea emoțiilor, prin educarea modului de reacție la acestea, răspunsul organismului uman poate fi schimbat, controlat.

Așa cum în timpul funcționării unui procesor pot să apară perturbații ale softului, și în activitatea creierului uman, datorită emoțiilor pot să apară reacții imprevizibile ale organismului. Este interesant faptul că, atunci când contextul care a creat emoția se repetă, aceasta scade în intensitate așa cum softul este pregătit să se adapteze la perturbații repetate de același fel. Atât sistemul om, cât și sistemul mașină inteligentă, prin educare și experimentarea diferitelor situații pot

fi pregătite să dea un răspuns clar și automat atunci când nu știu cum să facă față diferitelor situații.

6.3.6. Organismul uman, generator de câmp electric și magnetic

Organismul uman reprezintă o formă dinamică de manifestare a materiei deoarece doar un schimb permanent de substanțe, energie și informație cu mediul exterior îi permite supraviețuirea. Studiarea acestuia se poate face apelând la legile ce guvernează fizica și chimia, stabilind o corespondență între elementele ce alcătuiesc organismul și componentele ce formează circuite electrice și electronice.

Considerând unitatea elementară a organismului ca fiind celula, având ca și componente fundamentale citoplasma, nucleul și membrana, s-a constatat faptul că activitatea celulară și raporturile dintre celulă și mediu depind, în mare măsură, de proprietățile specifice membranei plasmatică.

6.3.6.1. Proprietățile electrice ale membranei celulare

Circuitul electric echivalent unei celule este alcătuit din rezistențe, condensatori și surse de tensiune electrică. Rezistența mediului intracelular (R_i) și rezistența mediului extracelular (R_e), sunt separate de o serie de componente variabile specifice membranei: rezistența de membrană (R_m) și capacitatea echivalentă a membranei (C_m). Capacitatea electrică a membranei celulare este generată de existența unei substanțe dielectrice conținute în structura membranei și depolarizarea sarcinilor electrice de o parte și de alta a ei. Diferența de potențial generată de diferența de concentrații ionice este reprezentată printr-o sursă de tensiune.

Multiplicată de mai multe ori, această schemă elementară (Fig.6.42.), reproduce structura electrică a unui organism dezvoltat.

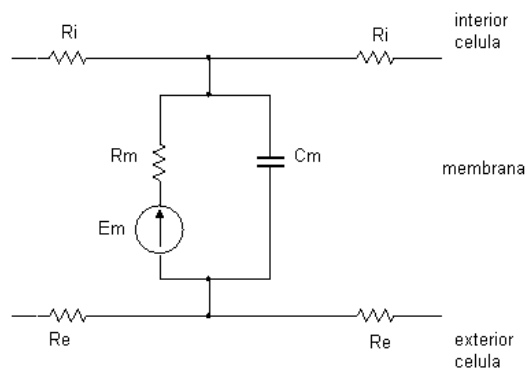


Fig. 6.42. Schema electrică echivalentă a unei celule

Huxley și Frankenhauser au elaborat în 1964 pe baza circuitului Hodgkin-Huxley și a exemplului prezentat mai sus un model al unei celule pentru fibrele nervoase mielinizate (Fig.6.43.), pentru care se pot calcula valorile elementelor din diferite mărimi măsurate experimental [80]:

- rezistivitatea axoplasmei $\rho_a=110 \Omega\text{cm}$;
- rezistivitatea mediului extracelular $\rho_e=300 \Omega\text{cm}$;
- capacitatea mediului pe unitatea de suprafață $c=2\mu\text{F}/\text{cm}^2$;
- conductanța membranei pe unitatea de suprafață $g_m=30^{-3} \text{ S}/\text{cm}^2$;
- lungimea nodului Rauvier (componentă a axonului care stimulează activitatea neuronală prin amplificarea stimulului electric) $l=2,5 \mu\text{m}$;
- $L/D=100$, $d/D=0,7$ (D =diametrul mare; d =diametrul mic, L =lungimea totală);
- potențialul de repaus celular $U=-90\text{mV}$.

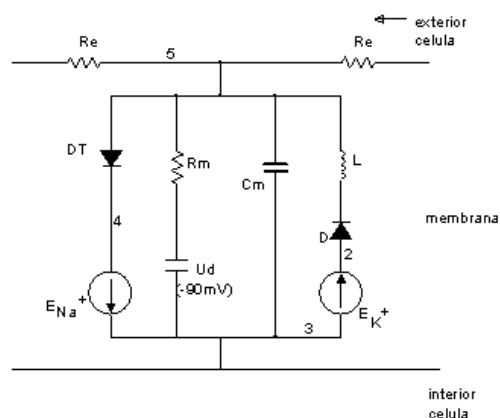


Fig. 6.43. Modelul Huxley și Frankenhauser pentru măsurarea parametrilor unei celule [80]

Se calculează:

-conductanța electrică, rezistența electrică a mediului extracelular:

$$G_e = \frac{1}{R_e} = \frac{\pi d^2}{4\rho_e L}; \quad (6.1)$$

- conductanța electrică, rezistența electrică a membranei:

$$G_m = \frac{1}{R_m} = g_m \pi dl; \quad (6.2)$$

- capacitatea totală a mediului:

$$C = c \pi dl; \quad (6.3)$$

-intensitatea câmpului electric în membrană:

$$E = \frac{U}{\delta} = \frac{90mV}{50nm} = 1,8 \cdot 10^7 V / m, \quad (6.4)$$

unde $\delta=50$ nm reprezintă grosimea membranei.

Pentru diverse tipuri de celule nervoase se poate obține o intensitate a câmpului electric :

$$E = (2...3) \cdot 10^7 V / m. \quad (6.5)$$

Sarcina acumulată în repaus pe unitatea de suprafață a fibrei nervoase este:

$$Q = cU = 2\mu F \cdot 90mV = 18 \cdot 10^{-8} C / cm^2. \quad (6.6)$$

Permitivitatea relativă a membranei se calculează din expresia capacității:

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_r l}{\ln \frac{D}{d}}, \quad (6.7)$$

unde ϵ_0 reprezintă permitivitatea electrică a vidului, iar ϵ_r reprezintă permitivitatea relativă a dielectricului față de vid.

Dacă se ține cont de faptul că $D-d \ll 1$, expresia capacității devine:

$$C \approx \frac{\epsilon_0\epsilon_r}{S}, \quad (6.8)$$

unde S reprezintă suprafața membranei.

Se obține valoarea permitivității relative : $\epsilon_r=11,3$.

Membrana celulară separă compartimentul intercelular de cel extracelular, curentul electric luând naștere din relația celor două compartimente. Între interiorul și exteriorul celulei are loc o deplasare de ioni de potasiu (K^+), sodiu (Na^+), calciu (Ca^{++}), magneziu (Mg^{++}), clor (Cl^-), etc, ponderea cea mai mare fiind a ionilor de potasiu și sodiu.

Pe baza datelor experimentale și pe baza ecuațiilor termodinamicii, teoria ionică postulată dezvoltată de Hodgkin și Huxley explică fenomenele ce se petrec și modul în care apare potențialul electric. Nernst este cel care stabilește relația prin care se determină cantitativ potențialul electric de o parte și de cealaltă a membranei, când există un gradient chimic ionic (o diferență de concentrație):

$$V = 61,6 \lg \frac{C_i}{C_e} [mV], \quad (6.9)$$

unde C_i reprezintă concentrația ionilor din interiorul celulei, iar C_e reprezintă concentrația ionilor din exteriorul celulei.

Concentrațiile ionilor din interiorul celulei sunt diferite față de cele din exteriorul celulei, de exemplu pentru ionii de potasiu concentrația din interior este de 30 de ori mai mare față de cea din exterior, iar pentru ionii de sodiu concentrația din exteriorul celulei este de aproximativ 10 ori mai mare decât cea din interiorul ei.

Utilizând relația Nernst, pentru ionii de potasiu la care $C_i/C_e=30/1$, rezultă un potențial $V_{K^+}=91$ mV pozitiv în interiorul celulei față de exterior, iar pentru ionii de sodiu, la care $C_i/C_e=1/10$, potențialul este de aproximativ $V_{Na^+}= -62$ mV, negativ în interiorul celulei față de exterior.

Conform legilor termodinamicii, substanțele tind să difuzeze de la o concentrație mai mare spre o concentrație mai mică, până la egalizarea celor două concentrații. Fiind impermeabilă pentru compușii hidrofilici și având o permeabilitate selectivă, membrana celulară menține în celulă în concentrații specifice compușii esențiali celulei vii.

Printr-un mecanism neelucidat încă, ionii de potasiu au tendința de a se deplasa spre interiorul celulei, iar cei de sodiu spre exteriorul celulei. Astfel energia înmagazinată ca gradient de concentrații chimice trebuie să fie echilibrată de o energie electrică. Este necesară o pompă a ionilor spre exteriorul, respectiv interiorul celulei, forța de pompă fiind cu atât mai mare cu cât mai mulți ioni traversează membrana. După un anumit timp celula se află într-o stare considerată staționară, în care ea este polarizată, diferența de potențial dintre cele două medii, interior

și exterior celulei, fiind numit potențial de repaus celular. Valoarea potențialului de repaus în interiorul celulei este de aproximativ -90mV.

Circuitul electric echivalent ce corespunde procesului de transport prin membrană al ionilor de potasiu și sodiu este reprezentat în figura 6.41, în care rezistența membranei în fața ionilor de potasiu este $R_{K^+}=1K\Omega$, iar pentru ionii de sodiu este $R_{Na^+}=150 K\Omega$. Sursele de tensiune E sunt cele care conduc fluxul de ioni, valorilor lor fiind determinate de raportul dintre concentrațiile intra și extracelulare, iar C reprezintă capacitatea echivalentă a membranei (pentru o celulă nervoasă $C=1\mu F/cm^2$, iar pentru o celulă musculară $C=10\mu F/cm^2$).

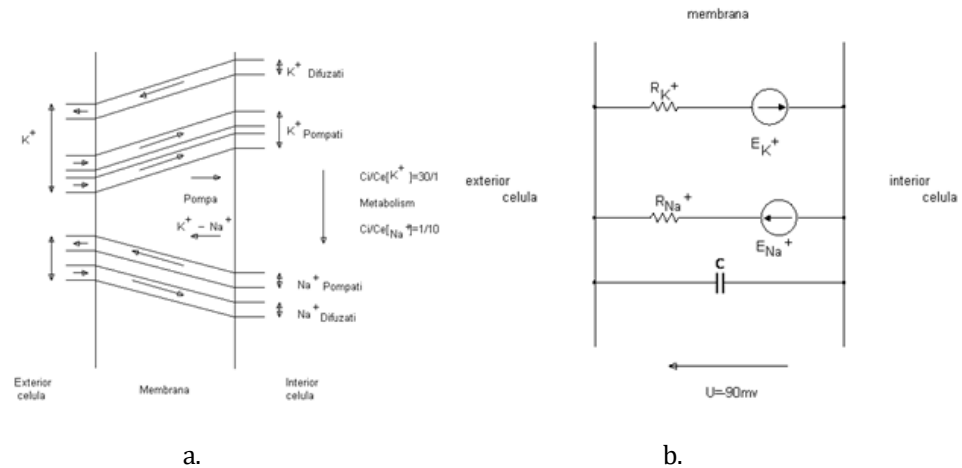


Fig. 6.44. Mișcarea ionilor prin membrană(a) și circuitul electric echivalent corespunzător în stare de repaus (b)

Pentru fiecare flux de ioni care trece prin membrană, curentul se poate calcula în funcție de viteza medie de deplasare:

$$v = \mu E e n, \quad (6.10)$$

unde μ reprezintă constanta mobilității ionului, E reprezintă tensiunea electromotoare, n reprezintă valența ionului, iar e reprezintă sarcina ionului.

Deoarece ionii nu pot pătrunde în membrană decât într-o măsură limitată, membrana se comportă ca un rezistor cu rezistența electrică liniară pentru densități mici de curent electric și neliniară pentru densități ce depășesc $4 \mu A/cm^2$.

Viteza cu care un ion pătrunde prin membrană, în virtutea existenței unui gradient de potențial, permite determinarea

conductanței membranei față de acel ion. Conductanța electrică a membranei g_m este egală cu suma tuturor conductanțelor ionice:

$$g_m = g_{Na} + g_K + g_1. \quad (6.11)$$

Rezistența totală a membranei se obține din inversul conductanței:

$$r_m = \frac{1}{g_m}. \quad (6.12)$$

În starea staționară de echilibru, curentul total prin membrană este nul, iar pentru circuitul echivalent $I_K + I_{Na} = 0$.

Dacă pe membrana celulară se aplică un stimul extern are loc schimbarea polarității acesteia (suprafața externă devine temporar negativă, iar cea internă pozitivă), micșorându-se diferența de potențial între mediul interior și cel extracelular. Această variație a potențialului de repaus este denumită potențial de acțiune.

Hodgkin și Huxley au realizat o analiză matematică a tuturor parametrilor electrici ai membranei celulare în funcție de timp și au demonstrat matematic și experimental, pe baza „teoriei circuitului local” relația care se stabilește între aceștia. Astfel, intensitatea curentului electric care se produce în timpul existenței unui potențial de acțiune se poate determina cu relația:

$$I = C_m \frac{dV_m}{dt} + g_K (V_m - V_K) + g_{Na} (V_m - V_{Na}) + g_1 (V_m - V_1), \quad (6.13)$$

unde: I reprezintă intensitatea curentului electric, C_m reprezintă capacitatea pe unitatea de suprafață, g_K , g_{Na} reprezintă conductanțele maxime ale ionilor de potasiu și sodiu, g_1 reprezintă conductanța de scurgere, V_m reprezintă potențialul de membrană, V_K , V_{Na} reprezintă potențialul ionilor de potasiu și sodiu, iar V_1 reprezintă potențialul de reversibilitate al scurgerilor.

Producerea semnalelor electrice în organism este deci strâns legată de procesele metabolice și funcțiile ce le realizează. Pe acestea se bazează culegerea de date și apoi diagnosticarea cu ajutorul semnalelor electrofiziologice a stării de sănătate a organismului.

6.3.6.2. Rolul pompei ionice Na-K în structurarea organismului uman

Sistemele lumi vii se disting prin complexitate și nu prin ordine [66], ordinea fiind doar un concept statistic, pe când complexitatea e strâns legată de organizare. Astfel, pornind de la lumea vie, se poate spune că, în general, informația este factorul determinant în obținerea organizării. Așadar, orice sistem se constituie pe suport material și energetic, dar structurarea și organizarea se datorează informației[1].

Ingeniozitatea mecanismelor antientropice prin care organismul uman reușește să-și mențină funcțiile vitale, deci implicit complexitatea și organizarea este reprezentat de „intelența” cu care ele reușesc să acționeze selectiv, ca și cum ar deține informații cu privire la natura proceselor pe care le controlează. Un exemplu concludent îl constituie funcționarea pompelor ionice Na-K, la explicarea căruia a contribuit chimistul Jens Christian Skou, fapt pentru care i s-a decernat premiul Nobel în 1997.

În interiorul celulelor organismului concentrația ionilor de potasiu (K^+) trebuie să fie mare, iar concentrația ionilor de sodiu (Na^+) trebuie să fie mică (în comparație cu concentrația ionilor respectivi din exteriorul celulei) [85]. Diferența de concentrație menționată contribuie (alături de alte procese) la apariția unei mici diferențe de potențial de valoare constantă (cam de -70 mV în cazul neuronului) între partea interioară și cea exterioară a membranei celulare, partea interioară fiind polarizată negativ. Această diferență de potențial, numită potențial de repaus, joacă un rol determinant în activitatea celulelor excitabile (mușchi, celule nervoase). De pildă, în cazul transmiterii informației prin intermediul neuronilor, în urma excitării membranei axonului apare un potențial de acțiune (cam de $+15\text{ mV}$) care se suprapune peste potențialul de repaus. Propagarea potențialului de acțiune de-a lungul axonului permite, astfel, transmiterea informației la celule.

Menținerea diferenței de concentrație este, însă, un proces antientropic, întrucât se opune tendinței naturale care, datorită diferenței de concentrație, ar determina intrarea ionilor de Na^+ în celulă, respectiv ieșirea ionilor de K^+ din celulă. Pentru a menține diferența de concentrație organismul se folosește de un mecanism foarte ingenios: pompele ionice, care pot „distinge” între ionii de Na^+ și cei de K^+ , reușind totodată să-i direcționeze în sens invers tendinței naturale de migrație a acestora, astfel încât potențialul de repaus să fie menținut (figura 6.45).

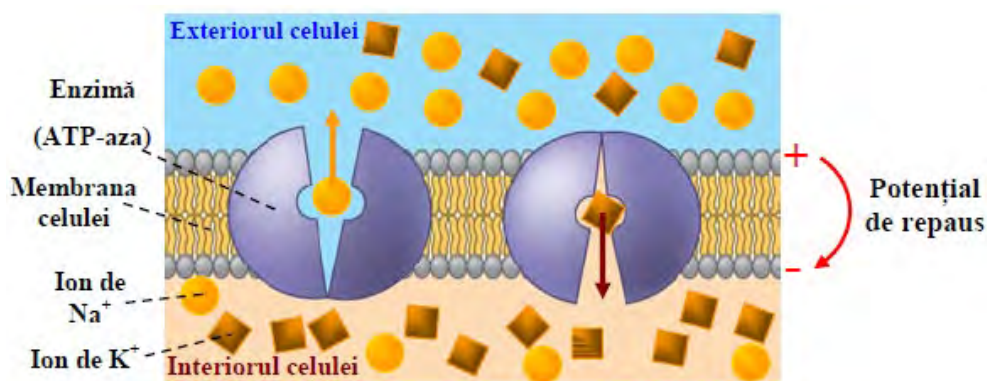


Fig. 6.45. Principiul de funcționarea al pompei ionice Na-K

Pompele ionice sunt, de fapt, niște enzime, numite ATP-aze, localizate în membrana celulară. Aceste enzime reușesc să-și schimbe periodic conformația (proces numit „eversiune”), ceea ce le permite să transporte ionii de Na^+ din interior spre exterior și ionii de K^+ din exterior către interior. Un rol esențial în acest proces îl au două tipuri de molecule: adenoizina trifosfat (ATP) și adenoizina difosfat (ADP). (figura 6.46.)

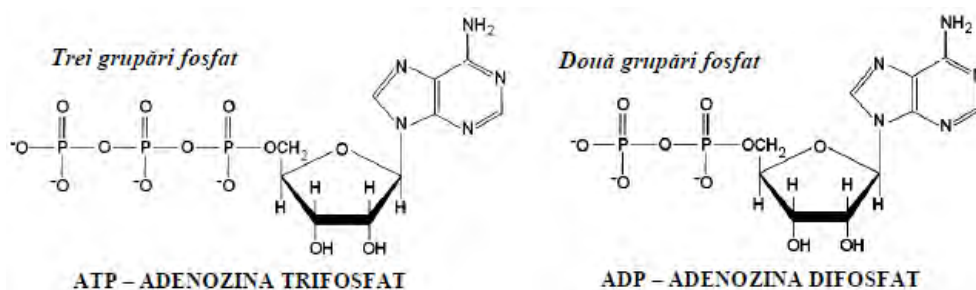
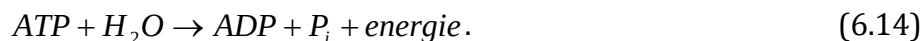


Fig. 6.46. Formulele chimice ale moleculelor ATP, respectiv ADP

Funcționarea pompei ionice Na-K este următoarea [85]. Trei ioni de Na^+ , fiind atrași mai tare de grupările carbonil ale enzimei decât de apa care-i înconjoară, pătrund în cavitatea ATP-azei (figura 6.47.a). După ce toți cei trei ioni de sodiu au fost captați de către enzimă, aceasta este fosforilată, adică primește o grupare fosfat, grupare pe care o pierde molecula ATP prin hidroliză (figura 6.47.b):



Reacția de mai sus (în care P_i e un fosfat anorganic) este extrem de importantă din două motive: pe de-o parte o grupare fosfat trece de la molecula ATP la enzimă (fosforilarea enzimei), iar pe de altă parte furnizează energia necesară funcționării pompei.

Atât atașarea grupării fosfat la enzimă cât și energia rezultată în urma reacției (14) determină schimbarea conformațională a enzimei, care are un efect similar unei „răsuciri” a ATP-azei și o „deschidere” a acesteia către parte exterioară a celulei.

Această modificare e datorată faptului că, în urma schimbării conformaționale a enzimei, atracția dintre ionii de Na^+ și cavitatea acesteia devine mai slabă decât cea exercitată de apa din exteriorul celulei. În consecință, ionii de Na^+ se detașează de cavitatea enzimei, fiind astfel eliberați în exteriorul celulei (figura 6.47.c). În schimb, ionii de K^+ vor fi atrași de gruparea carbon din cavitatea enzimei, ceea ce cauzează eliberarea grupării fosfat de către enzimă (figura 6.47.d), fapt care determină revenirea enzimei la forma inițială, deci „deschiderea” ei pentru zona din interiorul celulei (figura 6.47. e).

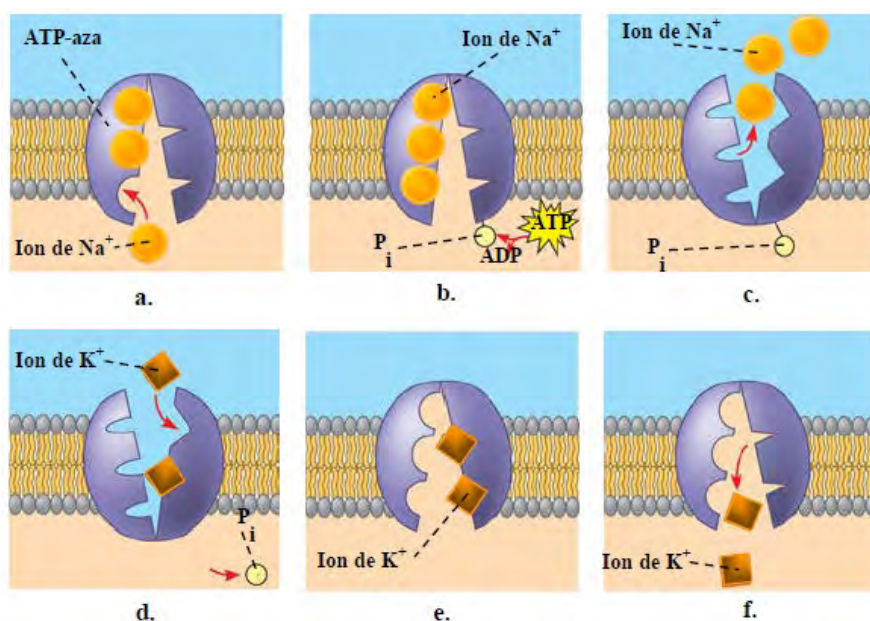


Fig. 6.47. Etapele funcționării pompei ionice Na-K

Enzima eliberează ionii de potasiu în interiorul celulei. Aceștia, în urma revenirii enzimei la forma inițială, fiind atrași mai puternic de apa din această zonă decât de gruparea carbonil a enzimei (figura 6.47.f), pătrund în interiorul celulei, după care ciclul se reia.

În afară de faptul că, activitatea pompelor ionice are un rol extrem de important în funcționarea nervilor și mușchilor, acestea nu sunt singurele „servicii” pe care pompele le aduc organismului [85]. De pildă, transportul sodiului în afara celulelor este un proces care stimulează mecanisme specifice prin intermediul cărora în celule sunt aduse substanțe nutritive, glucoză și aminoacizi. Pompele ionice contribuie și la controlul volumului celulelor: proteinele din celulă și alți compuși organici încărcăți cu sarcină electrică negativă păstrează în interiorul celulei un mare număr de ioni pozitivi, ceea ce determină pătrunderea apei în celulă datorită osmozei; în lipsa activității pompelor Na-K care (scoțând trei ioni de Na^+ în timp ce introduc doar doi ioni de K^+) facilitează continua eliminare de sarcină pozitivă din celulă, celulele s-ar umfla cu apă până ar plesni.

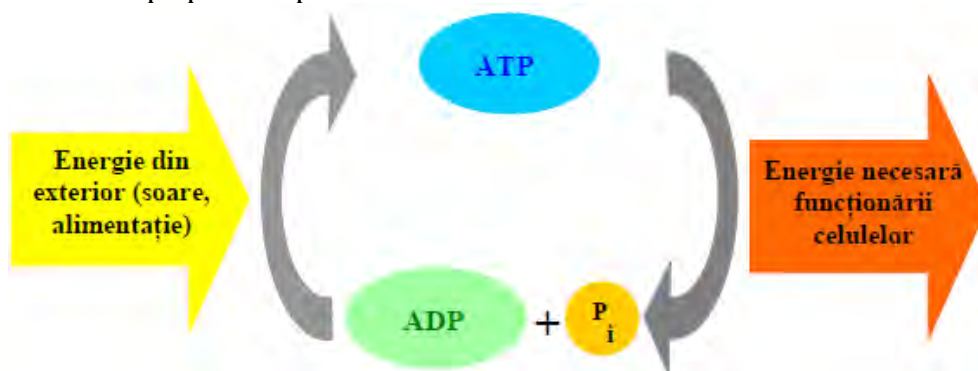


Fig. 6.48. Ciclul prin care are loc transformarea ATP ÎN ADP

Organismul dispune și de mijloace prin care reface rezerva de molecule ATP, necesară pentru a furniza energie pompelor ionice: creșterea cantității de ADP, datorată reacțiilor de oxidare a moleculelor ATP, stimulează, prin intermediul unui mecanism de feed-back pozitiv, fosforilarea oxidativă a celule în urma căreia se sintetizează moleculele ATP (proces care necesită energie din exterior). Astfel, transformarea ATP în ADP și invers are loc ciclic (figura 6.48) [86].

6.4. Platforme mecatronice pentru aplicații educaționale

6.4.1. Conceptul de platformă mecatronică

Deși are explicitări diverse, [77]: „suprafață orizontală plană a unui vehicul(...) utilizat pentru transporturi”, „instalație orizontală rigidă” „element plan al unei construcții”, „program de activitate(...) al unui partid”, conceptul de platformă poate fi privit în ansamblu ca un instrument, un mijloc cu ajutorul căruia „se pot construi structuri complexe, cu întrebuințări foarte diverse” [71].

Din punct de vedere tehnologic și educațional platforma reprezintă un instrument modern care asigură baza materială și informațională necesară în procesul de învățare. Ceea ce evidențiază platforma în comparație cu alte mijloace ține în primul rând de interconectarea și colaborarea componentelor fizice ce alcătuiesc platforma, dar și a celor care o utilizează. În al doilea rând este de remarcat importanța și influența pe care informația o are asupra acesteia. Spre exemplu, evoluția și controlul mașinilor inteligente se datorează mai ales platformei de informații obținute din variabilele rezultate atât din simulări cât și din desfășurarea proceselor și mai puțin din dezvoltarea componentelor, demonstrând încă o dată importanța informației ca și resursă.

Singura posibilitate de realizare a unei integrări superioare în cadrul sistemelor este prin informație, deoarece prin informație se poate realiza un model virtual, calitativ, activ și dinamic al unui sistem, a cărui comportament poate fi autoevaluat și care poate comanda anumite acțiuni.

Starea produsului mecatronic este cunoscută prin intermediul unor variabile semnificative, a căror valoare este măsurată cu ajutorul unor senzori. Răspunsul sistemului este stabilit printr-o serie de proceduri specifice, care sunt alese în funcție de starea și sarcinile sistemului.

La baza demersului integrator și cel care face legătura între sarcini, mediu și om este softul, programul care asigură controlul, prin intermediul unui procesor capabil să execute instrucțiuni și să analizeze date. Softul este componenta care activează informația. Deși modurile în care este folosit softul pentru a gestiona situațiile și comportamentul mașinii pot fi foarte diferite, putem identifica patru elemente comune implicate în realizarea lor. Intențiile acțiunilor mașinii pot fi înțelese bine numai dacă se cunosc nevoile pe care mașina trebuie să le îndeplinească.

Funcționarea unui sistem mecatronic poate fi înțeleasă numai dacă este analizat softul, de asemenea ea poate fi modificată numai dacă se schimbă și acesta.

Revenind la aspectul tehnologic și educațional, platformele mecatronice reprezintă în momentul de față mijloacele cele mai complexe și complete care, utilizate în învățământ și producție, răspund cerințelor actuale. Integrând în structura lor componente de natură mecanică, electrică, electronică, elemente de automatică și informatică, platformele mecatronice sunt cele mai versatile în ceea ce privește lucrul cu informația prin utilizarea de softuri dedicate. Acestea permit atât comunicarea în timp real, cât și obținerea de informații prin simulări în medii virtuale, reprezentând baza pe care se pot construi sistemele inteligente.

Utilizarea platformelor mecatronice pentru educație este în concordanță cu filozofia și educația mecatronică, cea care „asigură flexibilitate în acțiune și gândire, datorită principiilor sale care vizează dezvoltarea gândirii sistemice și formarea deprinderilor de a lucra în echipă”[46-48].

Experimentele care se pot realiza pe o platformă mecatronică permit formarea și dezvoltarea unei gândiri sistemice de înțelegere a unui sistem prin examinarea legăturilor și interacțiunilor dintre componentele care îl alcătuiesc în ansamblul său, acesta fiind perceput ca un întreg. Gândirea sistemică este considerată integratoare, ajută la înțelegerea interdependențelor care se stabilesc, astfel încât o platformă mecatronică să permită din punct de vedere educațional acoperirea unor domenii de cunoștințe cât mai vaste și variate.

6.4.1.1. Experimentul pe platforme mecatronice

Platformele mecatronice sunt construite dintr-o componentă hardware și o componentă software putând astfel satisface cerințele pentru experimentele virtuale și reale. Structura platformelor mecatronice este obținută prin interconectarea modulelor ce permit configurarea de sisteme și procese complexe. Datorită flexibilității acestora este posibilă reconfigurarea pentru realizarea de diverse experimente. Implementarea diverselor softuri favorizează diversificarea strategiilor de conducere și control, optimizarea funcționării proceselor studiate, precum și modalități de depistare și remedierea a eventualelor defecțiuni ce pot să apară.

Platformele mecatronice portabile permit realizarea de experimente oriunde și oricând și sunt realizate din module care au

prețuri și greutate reduse. Un rol important este atribuit platformelor virtuale care includ laboratoare virtuale, biblioteci virtuale și baze de date.

Studiul mașinilor electrice în sistemul preuniversitar ridică probleme serioase în ceea ce privește construcția acestora, principiul de funcționare și utilizarea în diverse acționări. Necesitând cunoștințe din domeniul mecanic, electric, din fizică și matematică, mașina electrică poate fi considerat un exemplu de inter și transdisciplinaritate, care poate fi învățat și studiat doar pe baza și principiile unui produs mecatronic.

Pentru un experiment real, se utilizează o platformă mecatronică (Fig.6.49.) care permite studiul fizic constructiv al unei mașini de c.c., precum și cele mai uzuale mijloace de comandă [22].



Fig. 6.49. Platformă pentru studiul motorului de c.c.[22,23]

Descrierea structurii și a funcționării pot fi înțelese beneficiind de experimentul virtual [22,23], utilizând sistemul AEL(Fig.6.50.).

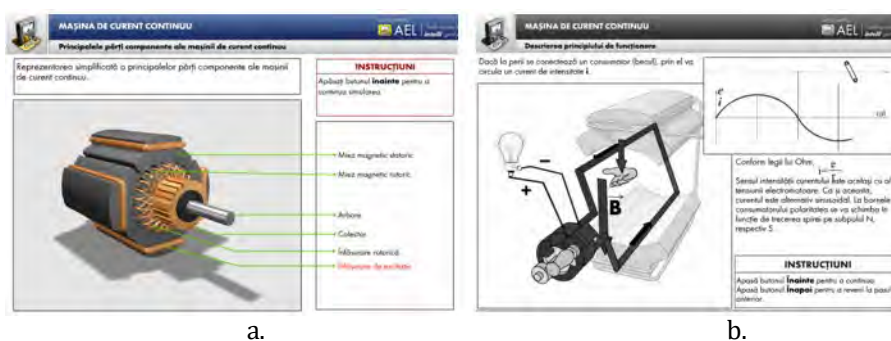


Fig. 6.50. Pagina AEL (a- Construcția mașinii de c.c., b- Principiul de funcționare)[22,23]

Utilizarea platformei didactice LEGO Mindstorms[22,23], sporește abilitățile elevilor dar face un apel la creativitatea acestora, creativitate care reprezintă vectorul progresului științific și tehnic.

În prezent, s-a constatat faptul că soluția optimă este atunci când experimentul se realizează pe baza unui model teoretic implementat pe calculator, astfel încât modelul virtual obținut va permite determinarea parametrilor optimi, și diverse modelări, după care, pe baza rezultatelor obținute se trece la realizarea experimentului real. Se constată că experimentul virtual reprezintă astfel, legătura dintre modelul teoretic și experimentul real.

6.4.2. Platforme mecatronice pentru studiul acționării și controlului în aplicațiile industriale

Prezența în capitolul trei ca și elemente de execuție pentru o mașină inteligentă, „mușchi de fier și tendoane de oțel” dacă sunt raportați la structura fizică a organismului uman, actuatorii nu au doar rolul de acționare. Ținând cont de elementele din structură, actuatorii prezintă și un rol structural, de a prelua încărcările și sarcinile transmise, dar și un rol senzorial, oferind posibilitatea integrării în structură a senzorilor pentru realizarea controlului.

Având avantajul generării simple a mișcării liniare și de producere a unor forțe mari de acționare, actuatorii fluidici au o largă utilizare în sistemele industriale, iar prin fuziunea cu electronica precizia actuatorilor a crescut ajungându-se la o precizie de 1 μm pentru actuatorii hidraulici și 10 μm pentru actuatorii pneumatici.

Comanda și controlul unui actuator este exemplificată în următoarele aplicații ce folosesc tehnologia Siemens-FESTO [78].

6.4.2.1. Platforme mecatronice pentru studiul acționărilor pe bază de actuatori hidraulici

În figura 6.51. se consideră o bandă transportoare pe care se poziționează o piesă. Cu ajutorul unui actuator hidraulic, comandat de la butonul START, piesa poate fi scoasă de pe bandă prin extinderea tijei pistonului, acțiunea putând fi semnalizată cu ajutorul unei lămpi de semnalizare. La eliberarea butonului START, tija se retrage, iar lampa se stinge.

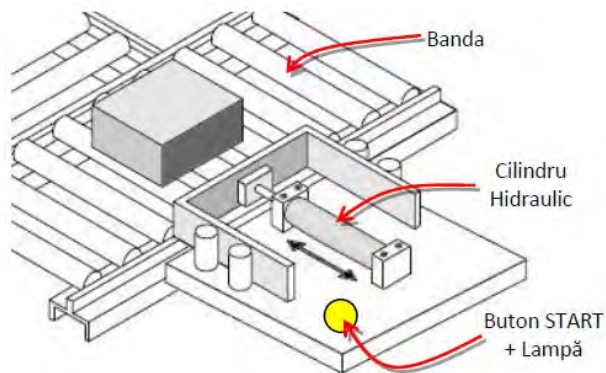


Fig. 6.51. Sistemul de acționare cu actuator hidraulic

Aplicația, prin utilizarea unui număr redus de componente electrice și hidraulice permite familiarizarea cu mediul de simulare FluidSim H și cel de programare Simatic STEP 7. Controlerul utilizat este unul real care va permite comunicarea cu procesul prin interfața EasyPort. Abordarea aleasă este de tip hardware in the loop (HIL) și este extrem de utilă în studiul și proiectarea sistemelor, permițând aducerea procesului industrial în laborator.

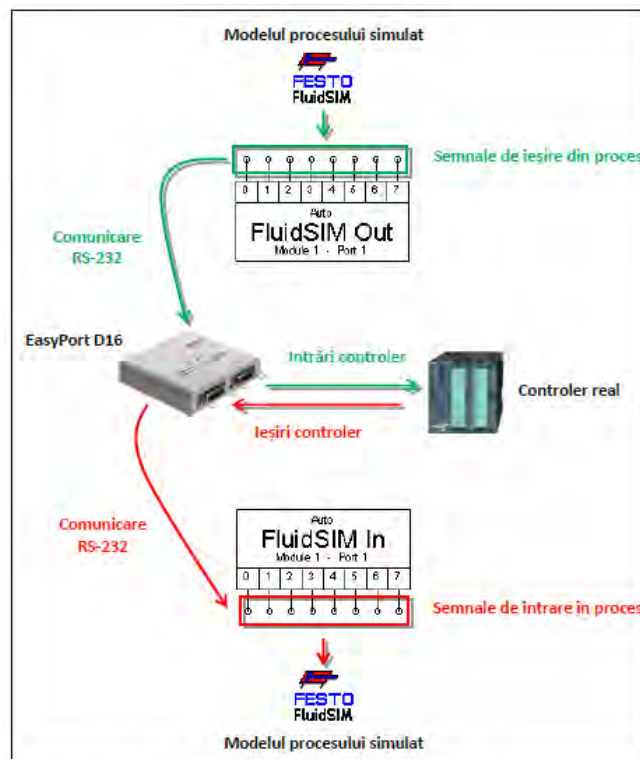


Fig. 6.52. Conceptul HIL

Modelul (Fig.6.52.) este alcătuit din circuitul hidraulic, circuitul electric și blocurile de intrări/ieșiri destinate transferului de informație dintre procesul simulat și controlerul real. Butonul B1, considerat buton de START este legat la portul 0 al blocului FluidSIM Out, iar electromagnetul E1 și lampa de semnalizare L1 la porturile 0 și 1 ale blocului FluidSIM. Comunicarea dintre proces și controler se realizează prin intermediul driverului EzOPC tip FESTO .

Urmărind poziția inițială din figura 6.53.-a, se observă că, la apăsarea butonului START pistonul cilindrului A1 va avansa, iar lampa L1 se va aprinde, semnalizând această acțiune. La eliberarea butonului START, pistonul cilindrului A1 se va retrage în poziția inițială, iar lampa L1 se va stinge.

Tranziția butonului START din 0 logic în 1 logic (24V) este interpretată de PLC ca și intrare și în consecință activează ieșirile 0 și 1 după cum se poate observa în figura 6.53. -b.

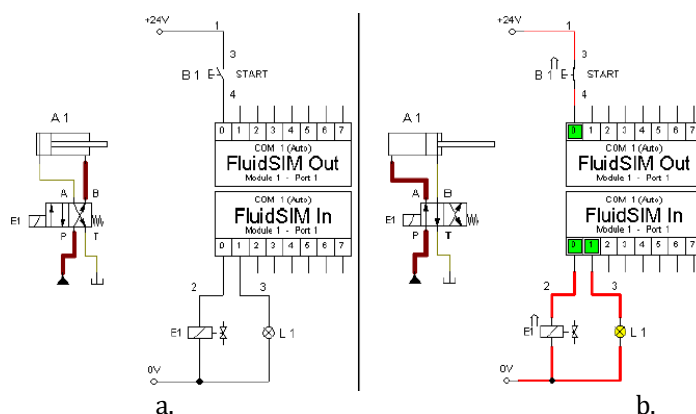


Fig. 6.53. Modelarea procesului în FluidSIM (circuitul hidraulic, circuitul de comandă)

Programarea PLC-ului prin intermediul mediului Simatic STEP 7 implică utilizarea de simboluri pentru a facilita înțelegerea programului.

Tabelul 6.3. Lista simbolurilor

	Status	Symbol	Address	Data type	Comment
1		B_Start	I 0.0	BOOL	Butonul de start
2		E1	Q 0.0	BOOL	Electrovalva
3		L_Start	Q 0.1	BOOL	Lampa de avertizare
4					

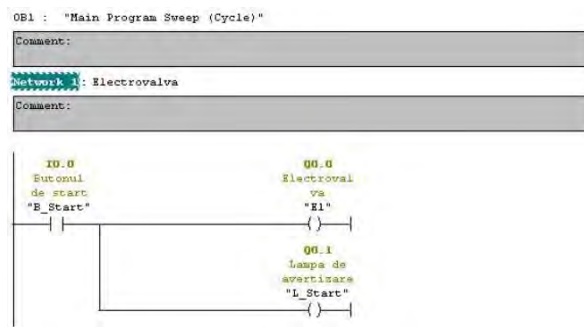


Fig. 6.54. Diagrama Ladder

Programul are o singură ramură Ladder (Fig.6.54.) și evidențiază faptul că la apăsarea butonului START din modelul procesului, PLC-ul sesizează modificarea adresei B_Start și în consecință acționează prin alimentarea la 24V a electromagnetului distribuitorului E1 și aprinderea lămpii de semnalizare L_Start. Cele două semnale de ieșire sunt transmise către model având ca efect avansul pistonului. La eliberarea butonului START pistonul se va retrage, iar lampa nu va mai semnaliza.

6.4.3. Platforme mecatronice pe bază de module Lego Mindstorms pentru aplicații educaționale și în cercetare

6.4.3.1. Structura de bază a platformelor

În această perioadă, când întreg procesul educațional trebuie regândit, se conștientizează și mai mult importanța tehnologiei în viața noastră, dar mai ales în educația copiilor. Pentru a ține pasul cu evoluția noilor tehnologii și pentru a oferi cele mai inovatoare soluții de educație tehnologică este nevoie de o abordare pragmatică în activitățile educaționale și de formare, prin aplicarea celor două principii de referință în procesul educațional: Learning by doing - Învățarea prin practică, Learning by research - Învățarea prin cercetare.

Echipamentele LEGO constituie o bază materială de valoare inestimabilă pentru materializarea acestor principii. „LEGO” reprezintă atât numele cât și ideea din spatele companiei a cărui nume a fost brevetat în 1934 de către Ole Kirk Christiansen. Filozofia LEGO este aceea că „joaca bună” îmbogățește viața copiilor fiind un element cheie în procesul de creștere și dezvoltare al acestora. Atunci când se joacă,

mintea lor este mult mai deschisă să rețină informații noi. În același timp, pot asocia procesul de învățare cu o experiență practică și distractivă.

În 1984, grupul LEGO a realizat un parteneriat Media Laboratory cu Massachusetts Institute of Technology, USA. Cercetarea în tehnologie și procesele de învățare au dat posibilitatea grupului LEGO să intre în proiectare. Combinând lumile fizice și virtuale într-un univers integrat de joc, au apărut noi produse, cum ar fi LEGO TECHNIC Computer Control. În 1986, ca un prim rezultat tangibil al parteneriatului cu cercetarea, produsele LEGO pentru sectorul educațional au beneficiat substanțial de aceste invenții, care mai târziu au condus la primul robot LEGO controlat de computer.

În 1998 parteneriatul cu Massachusetts Institute of Technology dă rezultate importante, prin integrarea tehnologiei roboților în sistemul de construcții LEGO, LEGO MINDSTORMS dând posibilitatea creării și programării modulelor inteligente LEGO. O construcție reprezentativă din această categorie este robotul mobil din figura 6.55. Pe baza acestor echipamente s-au lansat competiții la nivel internațional și național deopotrivă.

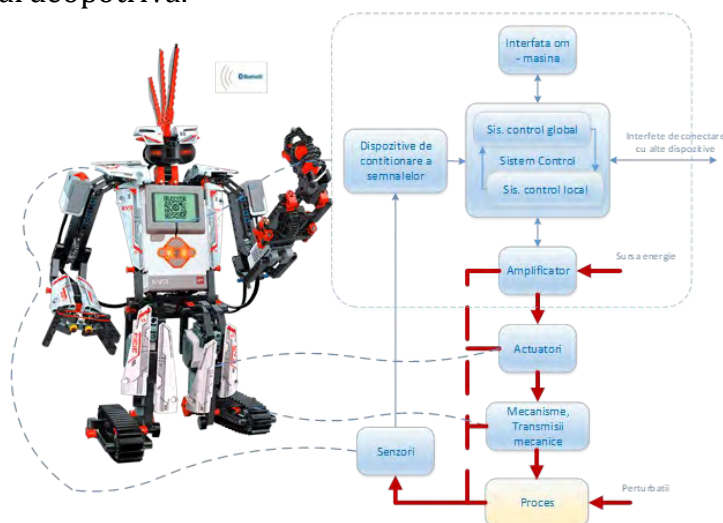


Fig. 6.55. Robot mobil

FIRST LEGO League reprezintă o competiție tehnologică la nivel mondial în care elevii concurează unii cu alții. Competițiile sunt organizate în colaborare cu organizația non profit FIRST (For Inspiration and Recognition of Science and Technology).

FIRST TECH CHALLENGE reprezintă concursul care constă în realizarea și programarea unui robot pentru elevii de liceu.

În anul 2015, Stanislav Roslyakov, licențiat în științeși căpitan și co-fondator al echipei NASA Lunar RoboticsMiningCompetition, fondatorul a trei companii: AM4K, Kay9 Tech și Nine Lives Tech Repair înființează Advanced Mechatronics For Kids. Acesta este un program afterschool pentru grupe de vârstă 6-9 ani, 9-13 ani și 13-18 ani, unde elevii folosescmecatronica/roboticapentru a proiecta, construi proiecte, concura în competiții și pentru a explora diferite domenii de inginerie utilizând kituri LEGO.

Elevii învață dintr-o perspectivă de creare a produsului, ceea ce favorizează oportunități de învățare a proiectării integrate. Se realizează prototiparea virtuală, prototiparea reală și implementarea/testarea produsului final. Venind aproape de nivelul de înțelegere al elevilor pot fi explicitate mai ușor modalitățile de integrare: mecanică - electronică - informatică.

Modulele din componența echipamentelor LEGO sunt concepute astfel încât permit integrarea prin formă pentru realizarea diferitelor modele funcționale.

Utilizarea echipamentelor LEGO a ajuns în prezent la un alt nivel, pătrunzând în mediul de afaceri. Căutând un instrument pentru a debloca inovația în cadrul companiei, Grupul LEGO a realizat că soluția poate consta chiar în esența sistemului LEGO; așa cum Grupul LEGO le spune copiilor de decenii „să își construiască visele”, tot așa și adulții pot construi viziunea lor pentru strategii de afaceri viitoare.

Metoda LEGO SERIOUS PLAY este o tehnică facilitată de gândire, de comunicare și rezolvare de probleme în organizații, în echipe sau în mod individual. Tehnica se bazează pe cercetări ample din domeniul afacerilor, dezvoltare organizațională, psihologie, învățareși are ca fundament conceptul „hand knowledge”. Atunci când atât mâinile, cât și mintea sunt angajate într-un proces de creație, se creează noi conexiuni neuronale care pot aduce în conștient soluții noi, pe care nu le conștientizăm înainte. LEGOSERIOUS PLAY a fost folosită de companii din întreaga lume ca o metodă inovativă de a spori angajamentul, încrederea și capacitatea de înțelegere a personalului executiv, manageri și angajați.

La nivel global, metodologia LEGO SERIOUS PLAY este folosită și implementată cu succes în companii ca:



LEGO SERIOUS PLAY este utilizat într-o gamă largă de situații de afaceri, printre care:

- dezvoltarea strategiei și explorare - examinarea și evaluarea relațiilor cu clienții și partenerii externi;
- dezvoltare organizațională - pentru manageri, echipe și angajați individuali;
- inovare și dezvoltare de produse – declanșarea gândirii creative și transformarea ideilor în concepte concrete;
- managementul schimbării – facilitarea și implementarea schimbărilor structurale și a fuziunilor.

6.4.3.2. Prototiparea rapidă la scară a platformelor mecatronice multifuncționale pe bază de module LEGO Mindstorms

Kitul Mindstorms NXT reprezintă cea de-a doua generație de componente LEGO didactice.

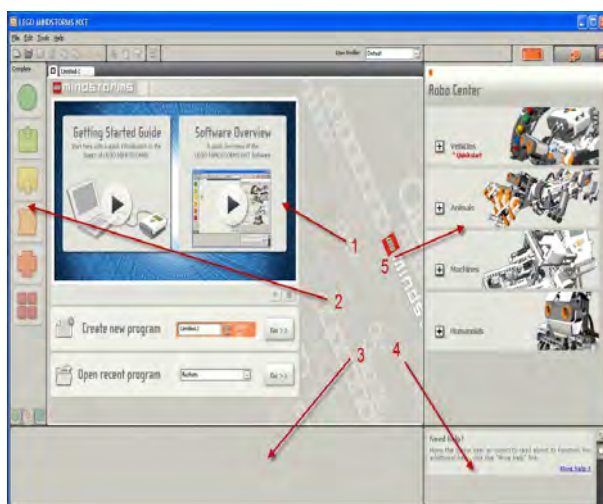


Fig. 6.56. Kitul LEGO Mindstorms NXT

Această versiune aduce un nou design pentru componentele mecanice, un controler programabil cu putere sporită de calcul și un set variat de senzori. De asemenea, platforma utilizată este de tip opensource, astfel pot fi folosiți tipuri noi de senzori și actuatori compatibili.

Kit-ul educațional LEGO Mindstorms NXT (Fig.6.56.), conține controlerul inteligent NXT, trei servomotoare, un senzor de contact, un senzor ultrasonic, un senzor de lumină și un senzor de sunet, o baterie reîncărcabilă, conectori și componente LEGO dedicate pentru structuri mecanice. Aceste componente pot fi utilizate pentru a interacționa cu mediul cu care vine în contact.

Unitatea pe bază de componente LEGO include: agenți autonomi mobili cu deplasare pe șenile și agenți autonomi mobili pășitori. Mediul de programare utilizat este mediul grafic NXT-G.

Platforma mecatronică mobilă pe șenile[21,78,](Fig.6.57.)

Platforma are în componență trei motoare și doi senzori, unul pentru detectarea culorii și unul ultrasonic.



Fig. 6.57. Platformă mecatronică mobilă pe șenile

Platforma se utilizează în aplicații privind detectarea și ocolirea obstacolelor, astfel: platforma se deplasează până când senzorul ultrasonic detectează un obstacol, având lumina verde aprinsă; după detectarea obstacolului, senzorul de culoare își schimbă culoarea din verde în albastru, pentru atenționare, iar dacă obiectul tot nu s-a mișcat de pe traiectoria platformei, culoarea senzorului se schimbă în roșu, iar platforma aruncă câte o bilă până când obstacolul este înlăturat.

Aplicația 1. Realizarea și programarea bazei mobile

Pentru realizarea bazei mobile (Fig.6.58.), sunt folosite componente LEGO, trei motoare de curent continuu și controlerul LEGO, asamblate în cel puțin douăzeci de pași.



Fig. 6.58. Baza mobilă a platformei mecatronice

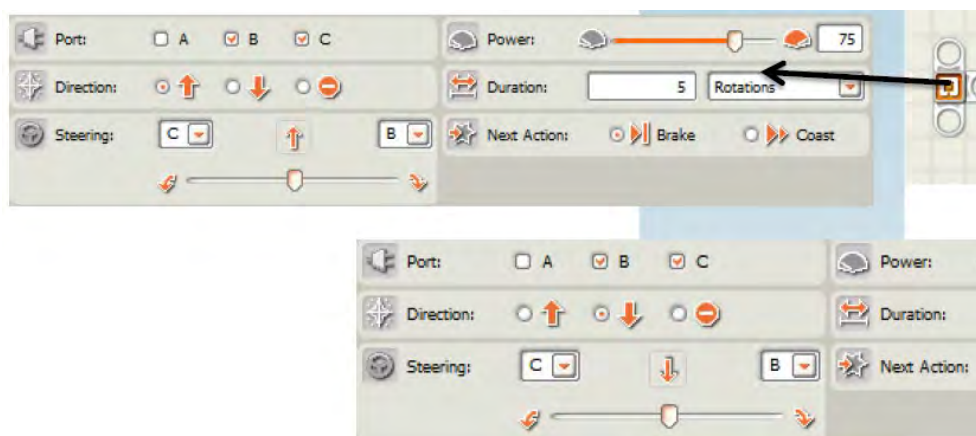


Fig. 6.59. Programarea bazei mobile

Programarea bazei mobile (Fig.6.59.), se face ținând cont de faptul că există două blocuri de comandă. Dacă primul bloc se alege funcționând cu o putere de 75% și o mișcare de avans de 5 rotații, cel de-al doilea bloc va avea aceleași setări, dar direcția de deplasare diferită.

Aplicația 2. Detectarea culorii

Detectarea culorii se realizează cu un senzor de culoare conectat la portul 3 al NXT-ului (Fig.6.60.).



Fig. 6.60. Amplasarea senzorului de culoare la baza mobilă a platformei

Programul pentru detectarea culorii (Fig.6.61.) conține patru blocuri interconectate.



Fig. 6.61. Programul pentru detectarea culorii

Primul bloc permite selectarea motoarelor B și C (Fig. 6.62.) pentru deplasarea înainte. Motoarele permit avansarea platformei până când senzorul de culoare, selectat să reacționeze la culoarea roșie, întâlnește această culoare.

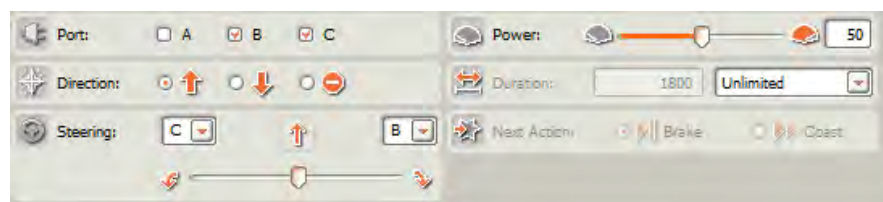


Fig. 6.62. Panoul de comandă pentru blocul de selectare a motoarelor B, C

Al doilea bloc din program este un bloc de așteptare, (Fig.6.63.), la care s-a selectat culoarea roșie pe portul al treilea.

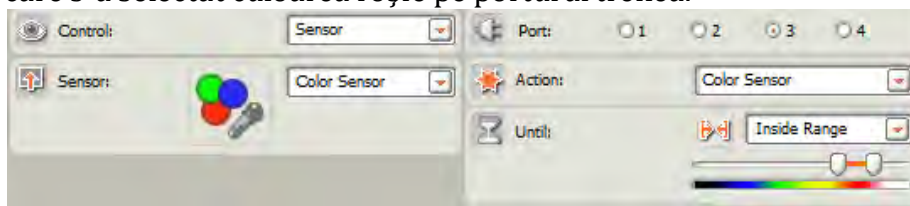


Fig. 6.63. Panoul de comandă pentru blocul de selectare al culorii

Panoul de comandă pentru al treilea bloc (Fig.6.64.), indică faptul că platforma, după ce senzorul detectează culoarea roșie este programată să se întoarcă.

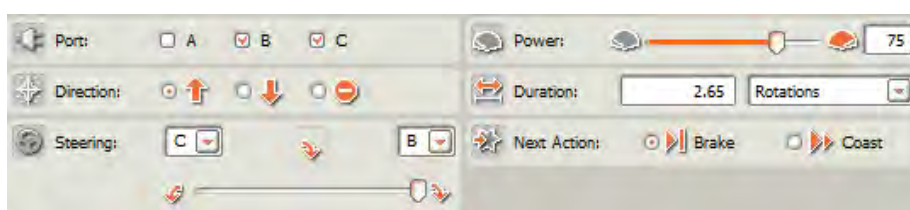


Fig. 6.64. Panoul de comandă pentru întoarcerea platformei

Motorul B face 2.65 rotații cu puterea 75%, după care se oprește. Ultimul bloc din program este destinat punerii în mișcare a motoarelor B și C. (Fig.6.65.)

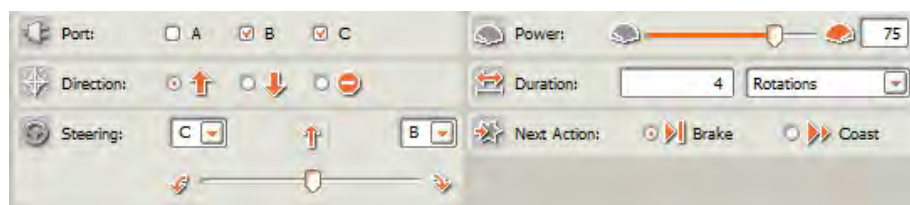


Fig. 6.65. Panoul de comandă pentru punerea în mișcare a motoarelor B,C

Acestea execută patru rotații pentru ca, în final, platforma să ajungă la poziția de start.

Axa cinematică pe bază de componente LEGO

În tehnologie, problemele privind generarea, transmiterea, transformarea și controlul mișcării sunt deosebit de importante. Modulele ce integrează aceste funcții sunt cunoscute sub numele de axe cinematice. În continuare se prezintă detalii privind concepția, structura

și funcționarea platformei pentru realizarea unei axe cinematice pe bază de motor de c.c. și transmisie șurub-piuliță.

Schema constructivă de principiu se prezintă în figura 6.66.

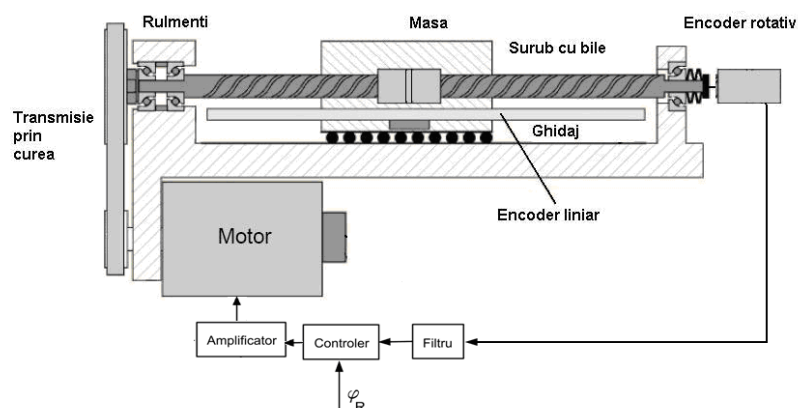


Fig. 6.66. Configurația axei cinematice

Modelul funcțional al axei cinematice pe bază de componente LEGO se prezintă în figura 6.67.

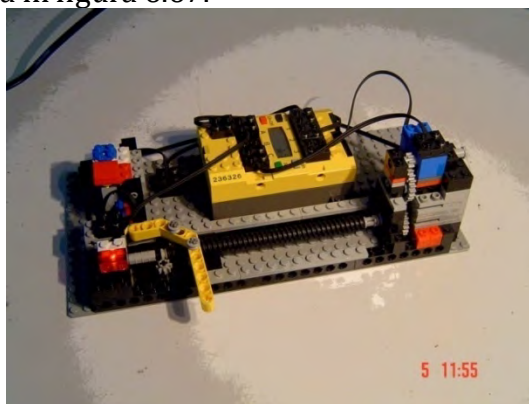


Fig. 6.67. Axă cinematică LEGO

În componența acestuia sunt incluse un mecanism șurub-piuliță, acționat de un motor de curent continuu, prin intermediul unui reductor. Senzorul de poziție tip LEGO este montat pe axul reductorului. Ansamblul motor, reductor și traductor de poziție este prezentat în figura 6.68.

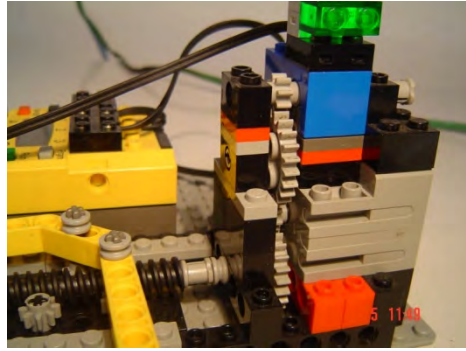


Fig. 6.68. Reductor, motor& senzor de poziție

Programul de funcționare include trei blocuri: primul bloc se referă la pornirea sistemului, calibrarea acestuia și pregătirea pentru utilizare. Cel de-al doilea realizează „citirea” comenzilor date de utilizator și generarea poziției de referință. Al treilea bloc asigură poziționarea propriuzisă a piuliței conform referinței generate de blocul numărul doi. Blocurile definite anterior corespund în ordine celor trei linii reprezentate în figura 6.69.

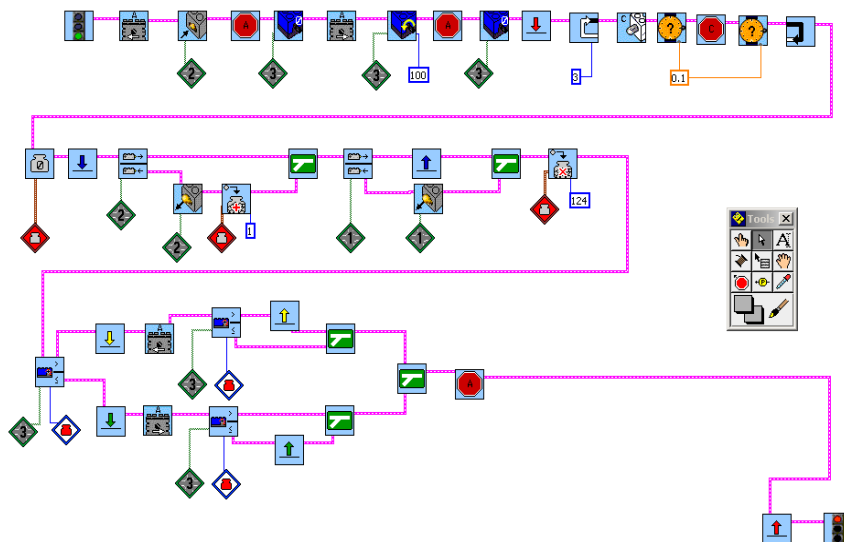


Fig. 6.69. Program de funcționare axă cinematică LEGO

La rularea programului controlul este preluat de primul bloc simbolizat prin semaforul de culoare verde din schemă. Controlerul comandă aducerea sistemului în poziția zero. În acest sens piulița va fi deplasată spre stânga până în momentul în care este detectat capătul de cursă (Fig.6.70.), materializat prin apăsarea butonului de pe portul 2.

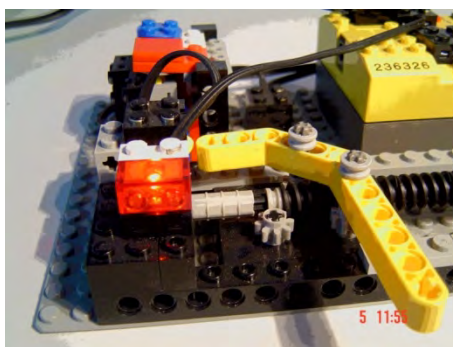


Fig. 6.70. Capăt de cursă

În acest moment motorul este oprit iar senzorul rotativ incremental va fi resetat la zero. În următoarea etapă se face o poziționare a piuliței la punctul definit specific poziției de referință zero. Aceste operații sunt efectuate de către blocurile cuprinse între semaforul verde și săgeata roșie de pe prima linie din figura 6.69. Programul va atenționa utilizatorul că sistemul este pregătit pentru operare și așteaptă noi comenzi prin trei clipiri rapide ale becului de culoare verde atașat pe portul C al modulului de comandă RCX. Blocurile care materializează aceste funcții sunt reprezentate grafic prin pictogramele din dreapta săgeții roșii de pe prima linie.

Cea de a doua linie este responsabilă cu decodarea comenzilor primite de la utilizator prin intermediul celor două butoane de culoare albastră respectiv roșie. Pozițiile de referință sunt date în unități LEGO. O unitate LEGO reprezintă distanța dintre două elemente de asamblare ale modulului LEGO clasic. S-a ales această reprezentare și nu una riguroasă, în mm sau alt sistem de măsurare utilizat în practică pentru a simplifica modalitatea de vizualizare a poziției piuliței, pentru a simplifica operațiile de calcul din interiorul modulului de comandă și nu în ultimul rând pentru a păstra simbolizarea simplistă și intuitivă adoptată de Fundamantal LEGO Unit (unitate fundamentală LEGO). Pentru a seta poziția de referință dorită se va apăsa butonul albastru de un număr de ori egal cu poziția în care se dorește să ajungă sistemul. În continuare se acționează butonul roșu pentru a semnală terminarea citirii. În momentul detectării apăsării butonului roșu, controlerul va transforma poziția de referință în unități ale senzorului incremental.

Cea de a treia linie include modulele specifice algoritmului de control a mișcării. Acesta preia referința dată de cea de-a doua linie și o compară cu poziția actuală a sistemului. Motorul este acționat în sensul

de rotație necesar pentru a ajunge în poziția dorită. Mișcarea preluată de la axul motorului se transmite prin reductor la șurub. Senzorul de poziție fixat pe axul reductorului oferă informații privind poziția curentă a piuliței. În momentul în care piulița atinge poziția dorită motorul este oprit. În acest moment se efectuează un salt în program pe prima linie. Beculețul verde va semnaliza că piulița a atins poziția dorită și că sistemul așteaptă noi comenzi din partea utilizatorului.

Experimentele efectuate confirmă utilitatea modelării LEGO pentru validarea și optimizarea prototipului virtual al produsului. Demersul poate contribui esențial la optimizarea constructivă și funcțională a prototipului real.

6.5. Platforme mecatronice pentru concursul FIRST TECH

6.5.1. Contextul demersului științific

Concursul de Robotică First Tech Challenge România (Fig.6.71.), este o competiție a secolului XXI, inițiată în 2008 de către organizația non-profit FIRST cu sprijinul Universității Brandeis Waltham. Înființată în 1989 la Manchester, organizația FIRST promovează programe inovatoare, accesibile și care motivează tinerii, oferind diverse oportunități în educație și carieră[82].

FIRST reprezintă acronimul următoarelor cuvinte ce ilustrează îmbinarea atât de frumoasă dintre educație, tehnologie și știință: F-for=pentru, I-inspiration=inspirație, R-recognition =recunoaștere, S-science=știință, T-Technology=tehnologie.

Din punct de vedere educațional, concursul este considerat un model de educație STEM care susține legătura dintre licee - universități - mediul de afaceri și investește în pregătirea tinerilor care, muncind în echipă și distrându-se împreună, proiectează, construiesc, programează și concurează cu un robot. Finalitatea concursului este concretizată prin pregătirea tinerilor care pot să răspundă cerințelor unor locuri de muncă specifice celei de a patra revoluții industriale.

Elementul cheie al acestui concurs este reprezentat de lucrul în echipă, principalele sarcini ale membrilor echipei fiind de natură științifică și tehnică. Acestea sunt: programarea și construirea unui robot, controlul acestuia pe teren, planificarea unei strategii de concurs, realizarea unui caiet tehnic. Sarcinile de natură non-tehnică sunt: strângerea de fonduri, marketing și comunicare, dezvoltarea unui plan de afaceri și a unei strategii de lucru.



Fig.6.71. Afișul de prezentare al concursului FTC Romania [83]

Pentru Dean Kamen, pasiunea și hotărârea de a ajuta tinerii să descopere emoția și recompensele științei și tehnologiei, au reprezentat pietrele de temelie ale FIRST. În prezent, comunitatea FIRST are în structura sa patru concursuri: FIRST LEGO League Jr.-pentru copii cu vârsta între 6-10 ani, FIRST LEGO-pentru elevii de gimnaziu, FIRST Tech Challenge- pentru elevii claselor 7-12 și FIRST Robotics Competition-pentru elevii de liceu și studenți.

Adus și lansat în România de către Asociația „Nație prin Educație”, reprezentată de Dana Războiu [84], (cu aprobarea Ministerului Educației și Cercetării) concursul FIRST Tech Challenge a început în anul 2016 cu 54 de echipe, peste 800 de elevi din 33 de orașe, ajungând ca în prezent, la cel de al nouălea sezon să fie implicate peste 200 de echipe.

Trebuie remarcat motto-ul sub care se desfășoară concursul, și de altfel toate concursurile derulate sub egida FIRST-„GRACIOUS PROFESSIONALISM”[127]. Acest „profesionalism grațios” pe care trebuie să-l manifeste toți participanții nu este definit foarte clar, având diferite sensuri: atitudini grațioase și comportamente de tipul câștig-câștig; oameni buni, care se respectă între ei și demonstrează acest respect prin acțiunile lor; profesioniști care contribuie într-un mod plăcut și valoros pentru cei din jur la toate activitățile concursului.

Filozofia FIRST manifestată în cadrul desfășurării concursului se bazează pe următoarele valori fundamentale[82]:

- „Descoperire: Explorăm abilități și idei noi;

- Inovație: Folosim creativitate și perseverență pentru a rezolva probleme;
- Impact: Aplicăm ceea ce învățăm pentru a îmbunătăți lumea;
- Incluziune: Ne respectăm unii pe ceilalți și ne acceptăm diferențele;
- Muncă în echipă: Suntem mai puternici când lucrăm împreună;
- Distracție: Lucrăm cu bucurie și plăcere!”.

Respectând cerințele acestui „Gracious professionalism” echipele și toți cei implicați învață să fie buni competitori, să-i trateze pe cei din jur cu respect și bunătate, să evite descurajarea celorlalți, dar mai ales să manifeste empatie cu orice ocazie. FIRST este de părere că atunci când în viața de zi cu zi se manifestă Gracious professionalism, toată lumea are de câștigat, iar societatea prosperă.

6.5.2. Pregătirea și desfășurarea concursului național First Tech Challenge

6.5.2.1. Etapele de pregătire în vederea participării la concurs

Participarea la concurs începe, practic, cu **formarea echipei**(Fig.6.72.), a cărei membri, prin abilitățile, competențele și dorința lor de implicare, să poată acoperi cerințele unei întreceri de o asemenea anvergură.



Echipa sezonului 1



Echipa sezonului 9

Fig.6.72 Formarea echipei

Conform recomandărilor fundației FIRST, echipa are între 11-15 membri cărora lesunt atribuite sarcini în funcție abilități și competențe. Principalele roluri în echipă sunt stabilite în funcție de cerințele concursului, fiind gândite astfel încât robotul să poată fi construit din punct de vedere mecanic și electronic, să fie programat și controlat, dar

un rol important este constituit de partea de marketing și promovare a echipei, precum și operarea pe calculator. Trebuie evidențiat faptul că un elev are mai multe atribuții în echipă, nefiind limitat la un singur „rol”.

Prima întâlnire cu echipa, nu înseamnă doar stabilirea atribuțiilor pentru fiecare membru. Elevii învață de ce este utilă o analiză a sezonului anterior, ce reprezintă o diagramă SWOT, se urmărește și se discută tema propusă pentru noul sezon, dar mai ales se stabilește o strategie de lucru.

Pregătirea echipei și calificarea în finala concursului participarea la meciuri demonstrative și de calificare.



Fig. 6.73. Participanții la Tabăra de vară de la Beclean

Echipele au urmat timp de o săptămână cursuri de pregătire și workshop-uri (puse la dispoziție de organizatori), au socializat și au participat la probe specifice concursului FTC.



Rank	Team	RP	TBP	Plays	Match	Result
1	32	10	902	6	Q-35	136-143 B
2	86	10	558	6	Q-36	207-208 B
3	8	10	517	6	Q-36	94-144 B
4	94	8	928	8	Q-37	214-114 B
5	24	8	825	6	Q-38	150-203 B
6	84	8	790	6	Q-38	222-165 B
7	1	8	717	6	Q-41	155-20 B
8	65	8	643	6	Q-42	87-143 B
9	61	8	640	6		

Fig. 6.74. Echipa prezintă la meciurile de calificare de la Cluj și clasamentul final

Amenajarea unui stand de prezentare al echipei reprezintă o altă componentă în demersurile pentru pregătirea concursului. Respectând dimensiunile impuse de asociație, standul trebuie pregătit înainte de concurs, astfel încât să fie reprezentativ pentru echipă privind activitățile desfășurate de-a lungul sezonului. De asemenea trebuie pregătite **materiale promoționale** specifice .

Toate întâlnirile și activitățile desfășurate sunt prezentate și ilustrate cu poze într-un **Engineering Notebook (Caiet Tehnic)**, care trebuie să respecte un anumit format. Caietul integrează detalii privind problemele întâmpinate în construcția robotului și modul în care au fost rezolvate, divergențele de opinie ale membrilor echipe, modul în care s-a ajuns la un numitor comun privind diverse aspecte, activitățile de marketing, planificarea bugetului, contactarea sponsorilor, precum și detalii privind promovarea echipei.

6.5.2.2. Prezentarea probelor de concurs

Concursul se desfășoară pe un teren de joc cu dimensiunile de 12ft. x 12 ft., (3,66m x 3,66m), format din 36 de plăci din spumă poliuretanică și aranjat conform cerințelor din tematica sezonului. Echipa care participă pe teren, în timpul concursului, poartă numele de Drive Team și este formată din trei membri: doi driveri și un căpitan (coach). Într-un meci există două alianțe, alianța roșie și alianța albastră, fiecare având în componență câte două echipe. Apartenența la o alianță și cele șase meciuri care se joacă se aleg în mod aleatoriu, în prima zi de concurs, astfel încât este posibil ca una dintre echipe cu care a fost realizată o alianță, să facă parte din alianța opusă într-un alt meci. Alianțele își stabilesc înainte de începerea meciului o strategie comună, deoarece, punctele obținute în timpul meciului de către echipele unei alianțe se cumulează, având în final un punctaj comun.

Un meci se desfășoară pe parcursul a 2,30 minute, existând trei părți distincte ale jocului: perioada autonomă, perioada controlată de driveri și jocul final. În perioada autonomă, reprezentată de primele 30 de secunde ale jocului, roboții se pot deplasa și executa sarcinile doar pe baza instrucțiunilor preprogramate pe sistemul de control al robotului și a informațiilor transmise de senzori. În perioada controlată de driveri, pe parcursul celor două minute, aceștia utilizează două gamepad-uri. Ultimele 30 de secunde din această perioadă reprezintă End Game (Jocul final), în care, pe lângă activitățile anterioare, driverii încearcă să execute sarcini specifice acestei perioade și care sunt întotdeauna spectaculoase.

În jurul terenului există în permanență 4-6 arbitri care urmăresc și notează punctele realizate în timpul meciului de către fiecare robot.

Înainte de începerea meciurilor, robotul trebuie să treacă de o inspecție tehnică unde este verificată greutatea acestuia (să nu depășească 42lbs=19,05 kg), să intre într-un cub cu latura de 18 inch=45,72 cm și să nu conțină piese neagreate de asociație.

Echipa este programată la un interviu cu jurați unde își prezintă robotul, modul în care a fost realizat, Caietul tehnic care conține toate detaliile legate de munca echipei, modul în care a fost prezentat comunității acest concurs, meciurile amicale și evenimentele la care echipa a participat în spiritul FIRST.



Fig. 6.75. Secvență din timpul unui meci din sezonul 3

Un alt aspect punctat în concurs îl reprezintă organizarea unui stand care să reprezinte echipa, modul în care aceasta a evoluat în vederea participării la concurs.

Un sezon este declarat deschis la începutul lunii mai, când începe formarea echipei și înregistrarea pe site. La începutul lunii septembrie este prezentată tema concursului. Pe baza unui Kit de piese standard primit la prima participare și a unui set comun de reguli impuse prin temă se trece la realizarea fizică a robotului. Structura de bază este cea de la sezonul anterior, utilizând tehnologie Android și programarea în Java pentru ca acesta să îndeplinească sarcinile impuse prin temă.

Colegiul Tehnic „I.D.Lăzărescu” din Cugir a primit în toamna anului 2016 (Fig. 6.76) întregul kit de piese, o trusă de scule și o imprimantă 3D din partea Asociației „Nație prin educație”, făcând parte dintre cele 54 de colegii alese la nivel național pentru a fi participante la concurs.

6.5.3. Structura și funcționarea robotului

6.5.3.1. Cerințe tehnico-funcționale

Construirea robotului, elementul central al concursului, implică îmbinarea sinergetică a cunoștințelor din domeniul mecanic, electric-electronic și de programare.

Pentru realizarea structurii robotului se utilizează componentele de bază primite la înscrierea în concurs (Fig. 6.79.), dar și alte componente care au fost comandate sau realizate de către membrii echipei, toate respectând condițiile tehnice impuse de către FTC.

Kitul Tetrix utilizat pentru realizarea componentelor mecanice ale robotului a oferit: structuri metalice, diverse tipuri de roți, pinioane, roți dințate, lanțuri, axe, hub-uri, șuruburi, etc.

Din punct de vedere electric și electronic, am dispus de componente de tipul Modern Robotics: module de control, diverse tipuri de senzori, motoare de c.c., servomotoare, un acumulator pentru alimentarea întregului sistem, diverse tipuri de cabluri pentru conectarea componentelor.



Fig. 6.79. Componentele de bază din structura robotului

Construcția robotului începe practic cu nucleul de bază al celui din sezonul anterior pe care se integrează subansamblele specifice, în acord cu cerințele tehnico-funcționale impuse în acest sezon.

6.5.3.2. Sistemul de comandă și control al robotului

Componentele electronice folosite în construcția robotului sunt de tipul Modern Robotics, prezentate sub forma unor module care asigură alimentarea, comanda și controlul acestuia.

Modulul de bază denumit Core Power Distribution (Fig.6.80.) încorporează un hub USB cu șapte porturi și terminale de distribuție a energiei spre celelalte module. Acesta face legătura între sistemul de control al robotului și celelalte module.

Modulul Core Device Interface (Fig.6.81.) reprezintă o interfață cu porturi ce permite conectarea senzorilor fiind conectat la modulul de bază.



Fig. 6.80. Core Power Distribution Module



Fig. 6.81. Core Device Interface Module

Comanda motoarelor și servomotoarelor se realizează prin module de control de bază de tipul Core Motor Controller (Fig. 6.79.) și Core Servo Controller (Fig.6.80.). Acestea permit fiecare conectarea și controlul a două motoare de c.c. și a cel mult șase servomotoare, fiind la rândul lor conectate la modulul de bază.



Fig. 6.82. Core Motor Controller



Fig. 6.83. Core Servo Controller

Cablurile USB care asigură conexiunile (Fig.6.84.) dintre modulul de bază Core Power Distribution și celelalte module (Core Device Interface, Core Motor Controller, Core Servo Controller) permit

furnizarea unei tensiuni de 5V pentru fiecare modul și trimit informații către/de la module.

Alimentarea modului de bază se realizează de la un acumulator care furnizează o tensiune continuă de 12V.

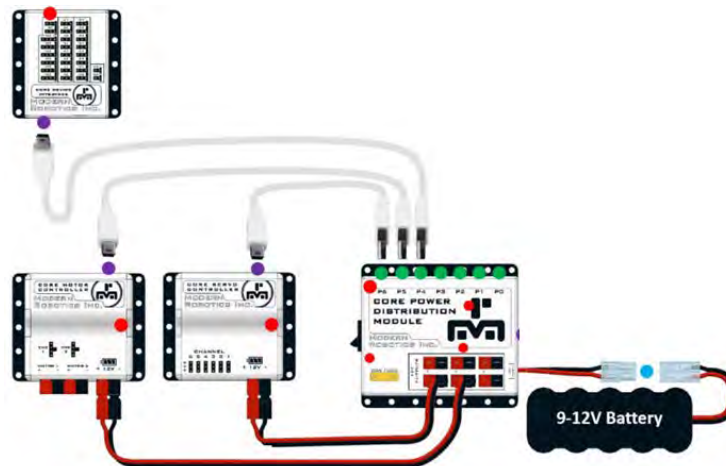


Fig. 6.84. Exemplu de conexiune a modulelor

Sistemul de control al robotului (Fig.6.85.), construit sub egida FIRST Tech Challenge este realizat pe baza unei platforme Android cu procesor Snapdragon. Un dispozitiv este montat direct pe robot acționând ca sistem de control al robotului (Robot Controller) fiind conectat la modulul de bază. Celălalt dispozitiv Android este conectat la o pereche de gamepad-uri și funcționează ca stație a driverilor (Driver Station).



Fig. 6.85. Sistemul de control al robotului

Pentru controlul mișcărilor robotului sau ale diferitelor mecanisme ale acestuia, s-a folosit o gamă largă de senzori care să asigure un feedback permanent pentru metodele de autoreglare ale robotului.

Mișcările roților sau brațelor antrenate cu motoare se controlează utilizând senzori, astfel:

- Camera telefonului permite depistarea și pentru a putea alege unul dintre cele trei trasee posibile care vor fi parcurse;
- Encoderul celor patru motoare ale trenului de rulare sunt utilizate pentru a putea controla precis vitezele și distanțele de deplasare ale robotului;
- Encoderul motorului care acționează brațul orizontal este utilizat pentru a putea controla precis cât se extinde/restrânge acest braț;
- Encoderul motorului care acționează brațul vertical este utilizat pentru a putea controla precis cât se extinde/restrânge acest braț;
- Giroscopul permite controlul precis al mișcărilor de rotație ale robotului și asigură menținerea direcției de deplasare în cazul în care robotul deviază de la parcurs;
- Senzorul de distanță este utilizat pentru deplasarea paralelă cu peretele terenului, la o anumită distanță față de acesta;
- Senzorul de culoare este folosit pentru a depista când robotul a ajuns în una dintre cele două zone de amplasare a markerului delimitate cu bandă roșie sau albastră;
- Senzorii de atingere sunt utilizați pentru a limita cursele inferioară și superioară ale brațului vertical.

6.5.3.3. Programarea robotului

Programarea robotului s-a realizat pentru cele două perioade distincte ale concursului, partea de autonomie și cea telecomandată având drept scop obținerea unui număr cât mai mare de puncte.

Pentru **perioada de autonomie** programele s-au întocmit ținând cont de obiectivele pe care robotul trebuie să le atingă în această perioadă.

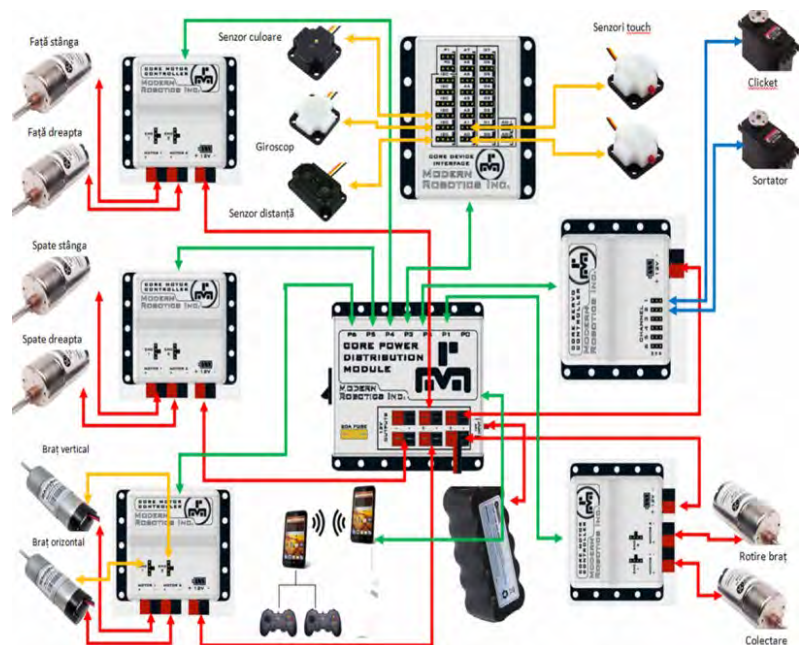


Fig. 6.86. Conexiunile componentelor electronice

Mișcările elementare ale robotului au fost reprezentate prin funcții, acestea fiind traspuse mai apoi într-o înșiruire de apeluri ce alcătuiesc programul de autonomie.

6.5.4. Promovarea concursului în comunitate

Un aspect important îl constituie implicarea comunității în vederea susținerii echipei, atât pentru a rezolva problemele financiare necesare participării la concurs, dar mai ales pentru promovarea valorii acestor tineri din comunitate.

Prezentarea robotului sponsorilor a trezit un real interes firmelor și angajaților acestora (Fig.6.87.).



a.



b.



c.



d.

Fig. 6.87. Prezentarea robotului principalilor sponsori
(a-S.C. OTELURI ȘI DEBITĂRI S.R.L., b- Reprezentantul Farmaciei FARMEX, c- S.C. CRIVALROM INSTAL S.R.L, d-S.C. UNIVERS.CONSTRUCT ELECTRIC.SRL)



Fig. 6.88. Prezentarea robotului reprezentanților firmei Star Transmission și consilierilor locali

Pentru a trezi interesul copiilor din clasele gimnaziale și ai atrage spre acest domeniu, echipa a fost prezentă cu robotul la „Târgul meseriilor”, „Promovarea ofertei educaționale a orașului” și „Alege o carieră!”(Fig.6.89.).

A fost lansată astfel ideea de a forma o echipă cât mai performantă la nivelul orașului.



a.



b.



c.

Fig. 6.89. Prezentarea robotului elevilor de gimnaziu
(a-Târgul meseriilor, b - Promovarea ofertei educaționale a orașului, c - Alege o carieră!)

Nu au fost neglijate activitățile care au implicat strângere de fonduri pentru diverse acte de caritate (Fig.6.90.).

Astfel, cele patru echipe din județul Alba, IDEaL ELECTRONICS (Cugir), XEO (Colegiul Național „Horia , Cloșca și Crișan” Alba Iulia), ARMY BOT (Colegiul Național Militar „Mihai Viteazul” Alba Iulia) și RUBIX (Colegiul Național „Inochentie Micu Clain” Blaj) au participat la meciuri demonstrative la Alba Mall, pentru a ajuta financiar la efectuarea unei operații pentru o colegă de vârstă lor.

Ziua de 1 Iunie a fost de asemenea prilej de întâlnire cu cei mici și o ocazie de a strânge fonduri pentru acordarea de burse elevilor nevoiași din oraș, alături de Asociația „Ține de Tine”.

Ziarele locale și județene precum și radioul local au fost alături de echipă în vederea promovării în rândul comunității. Presa în format scris sau on-line susținută de „Unirea”, „Cugir.Info”, „Stiri Transilvania.24” au ținut cititorii la curent cu toate activitățile și succesele echipei, afirmând că „echipa IDEaL ELECTRONICS care a plecat dintr-un oraș de 16.000 de locuitori reușește să pună Cugirul pe hartă”.



Afișul meciurilor demonstrative



Echipele prezente la Alba Mall



1 Iunie



Alături de Asociația Ține de Tine!

Fig. 6.90. Meciuri demonstrative pentru strângere de fonduri dedicate ajutoarelor financiare

Participarea la Radio Energy a reprezentat un „interviu excepțional” după spusele celor care au ascultat cum cinci elevi și doi profesori se străduiesc să explice ce înseamnă concursul FTC.



Fig. 6.91. Promovarea în presa scrisă, on-line și la radio

6.5.5. Sistematizarea problemelor specifice organizațiilor care învață (școli care învață) în pregătirea și desfășurarea concursului

Luând în considerare tot ceea ce implică concursul First Tech Challenge pentru tineri se poate afirma faptul că acesta reprezintă o platformă mecatronică aflată într-o continuă evoluție, asigurând dobândirea de cunoștințe, competențe și abilități într-o școală care învață, construită pe caracteristicile unei organizații care învață, necesară unei societăți bazate pe învățare.

Respectând conceptul de platformă, din punct de vedere tehnologic, concursul reprezintă o resursă pentru a asigura pregătirea elevilor, dar și un mijloc de învățare. Proiectarea sistemică și construirea fizică a unui robot care să conțină componente mecanice, electrice, electronice, programarea acestuia în vederea executării unor cerințe sunt atribute tehnologice ale unei platforme mecatronice.

Din punct de vedere educațional, concursul poate fi descris sub două aspecte: unul este specific caracterului educației, iar celălalt modului în care se face educația. Cunoștințele necesare realizării robotului nu pot avea decât un caracter pluridisciplinar (matematică, fizică, electronică, programare, proiectare, operare, mecanică, limba engleză, etc.), interdisciplinar, intradisciplinar și transdisciplinar. De altfel, conceptul de educație STEM promovat de acest concurs ilustrează cel mai bine caracterul educațional.

Cunoștințele teoretice au fost mult îmbogățite de cele obținute prin desfășurarea activităților practice, learning by doing fiind fundamentul construirii robotului.

Urmărind etapele premergătoare participării la concurs, se poate observa faptul că primul pas este reprezentat de formarea echipei. Nu poate fi conceput acest concurs ca și individualitate, elevii, mentorii, voluntarii, comunitatea formează și susțin o echipă, iar rezultatele obținute reprezintă rodul eforturilor conjugate ale celor care au desfășurat lucrul în echipă.

Datorită valențelor sale regăsite în concursul First Tech Challenge - flexibilitate, modularitate, transdisciplinaritate, integrare, cooperare și lucrul în echipă - se poate afirma faptul că acesta poate fi considerat o platformă mecatronică cu ajutorul căreia se realizează o educație cerută de societatea actuală.

Participarea la concurs a fost posibilă datorită dorinței unui grup de profesori și elevi de a afla și a face lucruri noi. Lucrul în echipă a implicat în primul rând oameni cu nivele diferite de pricepere și cunoștințe în anumite domenii, ceea ce poate fi considerată o măiestrie personală individuală. De asemenea s-a plecat de la anumite concepții și moduri personale de a privi lucrurile, de a interacționa, de a lucra, având modele mentale diferite. Spre surprinderea tuturor, acea „tensiune creatoare” de care vorbea Senge și care apare din aceste abordări diferite ne-a adus de multe ori soluții la problemele apărute pe parcursul construirii robotului și desfășurării concursului. Ceea ce ne-a ținut uniți pe tot parcursul celor trei sezoane a fost viziunea comună a tuturor membrilor echipei RO 032 IDeaL ELECTRONICS. Acesta a fost să construiască, programeze și manevreze un robot care să ne ducă cât mai sus în clasament, să se prezinte printr-un Caiet tehnic detaliat și un Stand exemplar, să manifeste ca și echipă spiritul GRACIOUS PROFESSIONALISM.

Concursul a favorizat nu doar dezvoltarea cunoștințelor, competențelor și abilităților tehnice, ci mai ales a celor sociale. Dezvoltarea unei gândiri sistemice, care să ajute să privești în ansamblu, atât din punct de vedere al construirii robotului cât și al concursului, cu toate aspectele sale, poate fi considerată principalul beneficiu al participării la FTC.



Fig. 6.92. Kip Thorne pe scena concursului FTC București 2019

Ilustrând cele cinci discipline specifice unei organizații care învață în pregătirea și participarea la concursului FTC nu trebuie neglijat rolul comunității care susține echipa și care va putea beneficia, în viitor, de pregătirea acestor tineri ce vor face parte dintr-o societate care învață.

Concursul First Tech Challenge reprezintă pentru toți cei implicați o modalitate de a învăța într-o societate care învață, iar așa cum spunea Kip Thorne, laureat al premiului Nobel pentru fizică în 2018, „mințea strălucită” din spatele filmului *Interstellar* și invitat la București în timpul celui de al treilea sezon al concursului, „Sky Is Not The Limit!” (Fig. 6.92.)

Demersul științific este unul de pionierat în învățământul și cercetarea din România. Valorificarea potențialului inovator al mecatronicii dă consistență conceptelor privind învățarea organizațională. Experimentul pe platforme mecatronice facilitează înțelegerea procesului de integrare-complexificare în natură și tehnologie precum și a rolului informației în acest proces. Informația este activată prin software. Înțelegem astfel mai bine de ce în mecatronică softwareul este mai important decât electronica.

Experiențele dobândite sunt cu siguranță premise pentru evoluția școlii către statutul de organizație care învață.

Bibliografie:

- [1] Amor, Y. Society 5.0., 2019.
- [2] Antonescu, O. În ce măsură este moștenită inteligența. Revista Adevărul. [online]. 2013. Disponibil: <https://adevarul.ro/sanatate/medicina/In-masura-mostenita-inteligenta-150ae7b9f7c42d5a6639d20a3/index.html>
- [3] Argyris, C., Despre învățarea organizațională. Ed. a 2-a. Malden: Blackwell Publishing, 1999.

- [4] Argyris, C., Schön, D.A. ,Organizational Learning: A Theory of Action Perspective [online]. Massachusetts : Addison-Wesley, 1978.
- [5] Aun Weor, S., Educație fundamentală. Cluj-Napoca: Editura AGEAC, 2008.
- [6] Banabic, D.,A patra revoluție industrială a început. Este pregătită România pentru a face față sfidărilor acestei noi revoluții?Revista de politica științei și scientometrie, 2016.
- [7] Berian, S. Cercetări privind potențialul transdisciplinar al mecatronicii. Teză de doctorat. Cluj-Napoca: Universitatea Tehnică, 2010.
- [8] Bhagawan Sri Sathya Sai Baba, Modelul de educație integrală la Sri Sathya Sai Institute of Higher Learning.
- [9] Boancă, M. ,Finalitățile educației [online]. Academia.edu.
- [10] Boar, B.H.,The Art of Strategic Planning for Information Technologie. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2nd ed., 2001.
- [11] Bourgon, J.,Discours prononce au Winnipeg, Manitoba, aprilie 2000.
- [12] Browing, J., Info&Tehnologie. București: Editura Nemira, 1999.
- [13] Butnaru, D.T.,Interfețe pentru simularea în realitate virtuală cu retur de forță a sistemelor mecanice articulate.Teză de doctorat.Brașov: Universitatea Transilvania, 2007.
- [14] Ciobanu, O. ,Educația economică în România. Prezent și perspective. București: Editura ASE, 2003.
- [15] Cors, R., What is Learning Organization?, Reflections on the Literature and Practitioner Perspectives. Engineering Professional Development University of Wisconsin - Madison May 5th, 2003.
- [16] Dache, L. ,The Evolution Towards a Society of Consciousness Through Knowledge Mechatronics. Romanian Review Precision Mechanics, Optics & Mechatronics, nr. 43, București: Editura Cefin, 2013.
- [17] Dache, L., Triunghiul cunoașterii: Educație-Cercetare-Inovare. Știință și Inginerie, An XV, vol. 27-28. București: Editura Agir, 2015.
- [18] Dache, L., Educația integrală, o necesitate a lumii moderne. Educația din perspectiva valorilor. Idei, Concepte, Modele. Cluj-Napoca: Editura Eikon, 2013.
- [19] Dache, L., Educația integrală-componentă de bază a noilor educații. Conferința Științifică Internațională „Pledoarie pentru educație-Cheia creativității și inovării”. Chișinău: Editura Print- Caro, 2011.
- [20] Dache, L., Mechatronic platforms for integral education, TEHNOMUS-Journal, nr. 20, 2013.

- [21] Dache, L., Platforme mecatronice de la simplu la complex. Știință și Inginerie, vol. 23-24, p.171-178. București: Editura Agir, 2013.
- [22] Dache, L., Platformele mecatronice, suport pentru experimentul practic și experimentul virtual. Simpozionul Național „Convergențe și provocări în domeniul științelor exacte și ingineresti”, ed. a 3-a, vol. 3. Universitatea „1 Decembrie 1918”, Alba Iulia, Editura Aeternitas, 2013.
- [23] Dache, L. , Cercetări privind dezvoltarea platformelor mecatronice pentru educație smart și învățare organizațională. Teză de doctorat. Cluj-Napoca, 2020.
- [24] Dache, L., Pop, S., Education, Knowledge and Innovation from a Mechatronics perspective. International Conference Education and Psychology Challenges-Teachers for the knowledge society-3rd edition. Ploiești, România, 8-10 mai 2015. Procedia - Social and Behavioral Sciences, vol. 203.
- [25] De Landsheere, V., De Landsheere, G., Definirea obiectivelor educației. Colecția Pedagogia secolului XX. București: Editura Didactică și Pedagogică, 1979.
- [26] Deaconescu, A.C., Cercetări privitoare la proiectarea optimală robustă și acționarea cu ajutorul mușchilor pneumatici a sistemelor. Teză de abilitare. Brașov: Universitatea Transilvania, 2015.
- [27] Deahl, D. Honda retires its famed Asimo robot. The Verge, 2018.
- [28] Delors, J. (coord). Comoara lăuntrică. Raportul UNESCO al Comisiei Internaționale pentru Educație în secolul XXI. Iași: Polirom, 2000.
- [29] Deming, W.E., The New Economics for industry, government, education. 3rd ed. Boston: MIT Press, 2006.
- [30] Dewey, J., Democrație și educație: O introducere în filosofia educației. București: Editura Didactică și Pedagogică, 1972.
- [31] Drăgănescu, M., O gândire despre cunoaștere, moralitate și societate, prefață la vol. Reforma spiritului, autor G. Popa. București: Editura Viața medicală românească, 2002.
- [32] Drăgănescu, M., Conștiința, frontieră a științei și frontieră a omenirii. Revista de filozofie, Tomul XLVII, nr. 1-2. București: Editura Academiei Române, 2000.
- [33] Drăgănescu, M., Societatea conștiinței. Introducere. Raport de cercetare pentru Institutul de Cercetări pentru Inteligență Artificială, 2003.
- [34] Banabic, D. , Evoluția tehnicii și tehnologiilor de la prima la a patra revoluție industrială și impactul lor social, discurs de recepție în Academia Română. 2018

- [35] Faure, E., (coord.). , A învăța să fii. Un raport al UNESCO. Trad.R. Mahler, F. Mahler. București: Editura Didactică și Pedagogică, 1974
- [36] G. Prostean, Inteligența artificială și rețele neuronale. [online] Timișoara:Universitatea Politehnică. Disponibil : <http://www.mpt.upt.ro/pag/50.html>
- [37] Gerbert, P., et al. Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. The Boston Consulting Group. 2015.
- [38] Grigor, I.,Formarea competențelor de incluziune socială la elevi în cadrul educației economice. Chișinău : Institutul de Științe ale Educației, 2013.
- [39] Hadîrcă, M., Abordarea integralizată în educație.Calitatea educației: teorii, principii, realizări. International Conference of Young Researches, 6th ed. Ch: CEP USM, 2008.
- [40] Hofstede, G., Hofstede, G.J., Minkov, M., Culturi și organizații. Softul mental. București: Editura Humanitas, 2012
- [41] Husén, T., Neville, P., The International Encyclopedia of Education, 2nded., vol 12. Oxford: Pergamon, 1994.
- [42] Iancu, A., (coord)., Dezvoltarea economică a României. Competitivitatea și integrarea în Uniunea Europeană. București: Editura Academiei Române, 2005.
- [43] Iancu, B., Manolescu, M., Pedagogie pentru institutori, învățători, educatoare, profesori, studenți, elevi.București: Editura Fundația Culturală „Dimitrie Bolintineanu”, 2001.
- [44] Korka, M., Vectorul educație– formare profesională, în perspectiva integrării europene, A. IANCU (coord.). Dezvoltarea economică a României. Competitivitatea și integrarea în Uniunea Europeană. București: Editura Academiei Române, 2003.
- [45] Marcu, V., Marinescu, M. Implementarea tehnologiilor în educație sau educația tehnologică. [online]. 2002.
- [46] Mătieș, V., Mirescu, S.C., Mândru, D., Bălan, R., Tătar, O., Rusu, C. , Tehnologie și educație mecatronică - Auxiliar curricular. București: Editura Economică Preuniversitaria, 2002.
- [47] Mătieș, V., (coord.).,Platforme mecatronice pentru educație și cercetare. Cluj-Napoca: Editura Todesco, 2009.
- [48] Mătieș, V., Mândru, D., Bălan, R., Tătar, O., Rusu, C., Hancu, O., Tehnologie și educație mecatronică.Cluj-Napoca: Editura Todesco,2007.
- [49] Mătieș, V., Platforma Națională de Mecatronică-Fundamentul programelor educaționale și de formare continuă în societatea cunoașterii. Cluj-Napoca: Editura U.T.Press, 2016.

- [50] Mirițescu, L., Lukacs, M., Contribuția educației ecologice la formarea viitorului om. Revista Educația Omului de azi pentru Lumea de Mâine. Anuală, 2012, Nr. 5. Oradea: Editura Universității din Oradea .
- [51] Nicola, I., Tratat de pedagogie școlară. București: Editura Didactică și Pedagogică, 1996.
- [52] Nicolescu, B., Transdisciplinaritatea. Manifest, traducere de Horia Mihail Vasilescu. Iași: Editura Junimea, 2007.
- [53] Oprea, D., Airinei, D., Fotache, M., Sisteme informaționale pentru afaceri. Iași: Editura Polirom, 2002.
- [54] Pătrășcoiu, N., Senzori și traductoare. [online]. Note de curs, Universitatea din Petroșani, 2010.
- [55] Popovchenko, M., Introduction to Mechatronics and Mechatronics in Real Life. Course 5: Mechatronics - Foundations and Applications, 2006.
- [56] Postolache T., Competitivitatea și integrarea României în Uniunea Europeană, Editura Academiei Române, 2003.
- [57] Rusu, R., Organizația care învață - O nouă provocare a societății postmoderne. Biblioteca Academiei Forțelor Terestre „Nicolae Bălcescu” Sibiu, 2007.
- [58] Sanchez, L., The most advanced robot in the world. SYSMIAMI. 27 February, 2018.
- [59] Schwab, K., The Fourth Industrial Revolution. New York: Crown Publishing, 2016.
- [60] Schwab, K., The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond. Global Agenda, 2016.
- [61] Senge, P., A cincea disciplină – Arta și practica organizațiilor care învață. Traducere O. Potopea, editor I. Enache. București : Business Tech International, 2012.
- [62] Shirazi, A. K. B., Integral Education: Founding Vision and Principles. California Institute of Integral Studies: Integral Review, vol.7, no.1, June 2011.
- [63] Sofge, E., Inside Robina, Toyota's Tourguide Who Teaches Fellow Robots. Popular Mechanics. Oct 1, 2009.
- [64] Stoica, C., Inteligența umană & Inteligența artificială, 2015.
- [65] Stratan, L., Omul, sistem energetic. [online]. București: Asociația ELTA Universitate, 2012.
- [66] Thaxton, C.B., Bradley, W.L., Olson, R.L., The Mystery of Life's, 1984.
- [67] Titterington, D., Ethnocentrism and homophobia in the news. Tunnels of gates . May 04, 2007.
- [68] Toffler, A., Al treilea val. București: Editura Z, 1996.

- [69] Veritas, V., Curs Prim Ajutor - Sistemul Nervos. [online]. Veritasvalentin, 10 feb. 2018.
- [70] Vlada, M., Tehnologiile societății informaționale. Conferința Națională de Învățământ Virtual-CNIV, ed. a III-a. București: Editura Universității din București, 2005.
- [71] Vlașin, I., Cercetări privind valorificarea potențialului inovator al mecatronicii în dezvoltarea educației centrată pe competențe. Teză de doctorat. Cluj-Napoca :Universitatea Tehnică, 2018.
- [72] Wexler, G.J., Evolving Dimensions of Integral Education. [online]. California Institute of Integral Studies : Integral Review, vol.7, no.1, June 2011.
- [73] Zamfir, C., Vlăsceanu, L., (coord.). Dicționar de sociologie. București: Editura Babel, 1998.
- [74] Scientia.RO. O nouă componentă electronică: memristorul.[online]. 2009.
- [75] Legea Învățământului, nr.84/1995. În: Monitorul oficial nr. 167 din 31 iulie 1995.
- [76] Introduction to Integral education at The Circle School-Harrisburg. <https://www.circleschool.org/integral-education/>
- [77] Dicționar Explicativ al Limbii Române. [online].
- [78] Proiectul POSDRU/87/1.3/S/64069-FLEXFORM: Program de formare profesională flexibilă pe platforme mecatronice, coordonat de către Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca. 01.09.2010-31.08.2013. Curs 4: Metode și tehnici de inovare și creativitate; Curs 5: Dezvoltare tehnologică și tehnologii educaționale.
- [79] www.wikipedia.org
- [80] <http://www.scribub.com/medicina/MANIFESTARI-ELECTRICE-ALE-CELU43197.php>
- [81] PLC, SCADA, Automation, PLC Programming, PLC eBook, Free PLC Training. [online].
- [82] <https://www.firstinspires.org/about/vision-and-mission>
- [83] AGERPRES. București-Conferință presă-Lansare BRD FIRST Tech Challenge
- [84] <https://natieprineducatie.ro/>
- [85] <http://homepage.mac.com/dtrapp/eChem.f/labB5.html>
- [86] http://www.accessexcellence.org/RC/VL/GG/ecb/ATP_ADG.php

7. Potențialul inovator al Platformei Naționale de Mecatronică pentru dezvoltarea societății sustenabile

Vistrian Mătieș, Simona Noveanu, Olimpiu Tătar

7.1. Dezvoltarea mecatronicii în Romania

Evoluția în dezvoltarea societății este strâns legată de evoluția în dezvoltarea tehnologică. Este relevant dacă menționăm extremele în această evoluție: tehnologia pietrei-tehnologia mecatronică. Salturile de la o etapă la alta au fost datorate revoluțiilor. Istoria omenirii consemnează patru revoluții: revoluția materială, revoluția energetică, revoluția informatică și revoluția mecatronică.

Revoluția mecatronică a început în Japonia (1956-1980), în contextul demersurilor pentru reabilitarea economică după al doilea Război Mondial. În UE și SUA revoluția mecatronică a marcat deceniul al nouălea (1980-1990) al sec. XX.

Mecatronica s-a dezvoltat în Romania din anul 1991, prin înființarea specializărilor de mecatronică în inginerie la Brașov, Cluj-Napoca, Iași și Suceava. În prezent specializarea funcționează în aproape toate universitățile cu profil tehnologic din Romania (11 universități). Mecatronica este coloana vertebrală tehnologiilor sec. XXI. Aceste tehnologii cuprind: Sistemele ciber fizice (CPS), Internetul lucrurilor (IoT), Inteligența artificială(AI), Cloud computing și Big data.

Comunitatea mecatroniștilor din Romania include azi și Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Mecatronică și Tehnica Măsurării (INCDMTM București), învățământul preuniversitar precum și mediul economic.

Detaliile prezentate în partea a II-a a lucrării sunt relevante privind dimensiunile efortului susținut la nivel academic, pentru promovarea mecatronicii în educație, formare și cercetare-dezvoltare tehnologică. Proiectele de cercetare realizate în parteneriat național sau internațional au constituit un suport important în dezvoltarea zestrei de cunoaștere și a infrastructurii specifice pentru ca activitățile educaționale și de cercetare să se desfășoare la standardele consacrate pe plan internațional.

În continuare, se prezintă succint, inițiativele, programele și proiectele lansate la nivel academic, pe parcursul a mai bine de trei decenii (1990-prezent), pentru dezvoltarea mecatronicii în România.

Demersul la nivel național, în parteneriatul academic al departamentelor de mecatronică a fost susținut pe baza unei partituri științifice scrise la Universitatea Tehnologică din Toyohashi. Universitatea a fost inaugurată în 1978. Pregătirea inginerescă a fost gândită pe baza filosofiei mecatronice. Această partitură a fost adaptată contextului european la Universitatea Katolică din Leuven, Belgia, începând cu anul 1980.

- Pregătirea, elaborarea și promovarea OMEN nr. 3205/03.02.1999 privind înființarea *Consiliului Național pentru Educație Tehnologică și Inovare (CNETI)*. CNETI s-a constituit cu ocazia primului Seminar Național de Mecatronică (19 martie 1999), găzduit de către Universitatea Politehnică București, prin Centrul de Cercetări pentru Electronică Tehnologică și Tehnici de Interconectare. CNETI avea ca principal obiectiv elaborarea unui *Program Național de Educație Mecatronică*.

- Organizarea Conferințelor Internaționale de Mecatronică și Inginerie de Precizie (COMEFIM), găzduite de către: Timișoara (1998); Brașov (2002); București (2004), Cluj-Napoca (2006), Iași (2008) și București (2010).

- Parteneriatul academic în proiectele cofinanțate de către Banca Mondială (1998-2002) a fost o excelentă oportunitate pentru conturarea nucleului în jurul căruia s-a dezvoltat comunitatea mecatroniștilor din România. Proiectul de la Politehnică București *Laborator de cercetare cu utilizatori multipli* a reunit echipele de mecatroniști din Brașov, Cluj-Napoca, Iași și Timișoara. Unul dintre proiectele dezvoltate de către Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca a avut drept temă: *Program de dezvoltare a învățământului mecatronic*.

- Susținerea cursurilor postuniversitare de Educație tehnologică, pentru profesorii din învățământul preuniversitar. Aceste cursuri au început în octombrie 1998, în baza OMEN nr. 3971/12.06.1998. *Planul de învățământ conceput anterior, a fost reconfigurat prin introducerea disciplinelor specifice domeniului mecatronică*. Cursurile cu durată de 4 semestre, s-au desfășurat în perioada 1998-2006 și, au fost absolvite de peste 1200 profesori din învățământul preuniversitar. Activitățile desfășurate au fost excelente oportunități pentru promovarea mecatronicii în învățământul preuniversitar. În anii următori, colaborarea cu absolvenții cursurilor a continuat în legătură cu

examenelor de definitivat, gradul II și gradul I la disciplina Educație tehnologică.

- Prin OMEN 3872/24.05.2000 – cu privire la proiectul MECATRONICA XXI, a fost lansată ideea înființării a șapte Centre Regionale de Educație Mecatronică, incluzând câte o unitate reprezentativă din învățământul preuniversitar, sub patronajul universităților din locația respectivă. Au fost nominalizate centrele și universitățile după cum urmează: Universitatea "Transilvania" din Brașov, Universitatea Politehnica București, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca (coordonator) Universitatea din Craiova, Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați, Universitatea Tehnică "Gh. Asachi" din Iași și Universitatea Politehnică Timișoara. Datorită lipsei suportului financiar acest proiect nu s-a materializat. Ideea lansată prin acest ordin a stimulat cooperarea interuniversitară, dezvoltându-se o stare de spirit care a fost hotărâtoare pentru abordarea ulterioară. În colaborare cu firma FESTO România, universitățile au dezvoltat programe de training pentru personalul din industrie. Începând din anul 2001 s-au înființat clase de mecatronică în unele Grupuri Școlare și Colegii Tehnice. Acestea pregătesc tehnicieni mecatroniști.

- *Înființarea Societății de Mecatronică din România – SROMECA* (2001) și a filialelor teritoriale în: Brașov, București, Cluj-Napoca, Iași și Timișoara (inițiativă a colegilor de la Universitatea Politehnica București).

- Organizarea Olimpiadei de Mecatronică în învățământul preuniversitar, la nivel de Municipiu București (martie 2002). Olimpiada a fost găzduită de către Universitatea Politehnica București.

- Organizarea Primei Olimpiade de Mecatronică la nivel universitar (octombrie 2002). Olimpiada a fost organizată cu sprijinul firmei FESTO – România, reprezentanța concernului FESTO din Germania și, a fost găzduită de către Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca. La olimpiadă au participat șase echipe din centrele: București (Politehnica și Universitatea Tehnică de Construcții), Cluj-Napoca, Iași, Sibiu și Timișoara. Echipa de arbitri a fost din Brașov. Olimpiada a fost organizată după regulamentul olimpiadelor internaționale, cu suportul FESTO România. Concernul FESTO din Germania asigură suportul logistic pentru olimpiadele internaționale de mecatronică. Aceste olimpiade au loc bienal, sub egida Organizației Internaționale pentru Training Vocațional (IVTO).

- Editarea și publicarea revistei Mecatronica, inițiativă a colegilor de la Universitatea Politehnica București (2003).

- Organizarea Seminarilor Naționale de Educație Mecatronică, 2002, 2003, 2004. 2005, găzduite de către Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca. Edițiile 2003 și 2005 au fost organizate în colaborare cu Institutul de Mecatronică din Duisburg, Germania.

- Susținerea programului academic al Cursurilor de vară de mecatronică (iulie 2002, 2003, 2005, 2009). Aceste cursuri sunt organizate de către organizația studențească BEST (Board of European Students of Technology), grupul local din Universitatea Tehnică Cluj-Napoca. Participanții au fost studenți din universitățile europene, membre BEST.

- Participarea Centrului de Cercetare în Mecatronică Cluj și a Centrului de Cercetare-Dezvoltare pentru Mecatronică din cadrul Universității Politehnica București la elaborarea propunerii de proiect: *Rețea Europeană de Excelență în Mecatronică* (februarie-martie 2003). Inițiativa a fost lansată de către Centrul European pentru Mecatronică din cadrul Universității Catolice Leuven și Federația Industriașilor din Belgia. La acest demers au participat 63 de institute și departamente de mecatronică din Europa.

- Organizarea Primului Seminar Național cu tema: *Educație pentru Integrare-Integrare prin Educație* (30 noiembrie 2003), Alba Iulia. Seminarul a fost inclus în programul manifestărilor cultural științifice dedicate aniversării a 85 de ani de la Marea Unire și, a fost găzduit de către Universitatea "1 Decembrie 1918" din Alba Iulia. În cadrul seminarului a fost lansată prima variantă a proiectului: Program Național de Educație pentru Integrare(PNEI).

- Parteneriatul în proiectul Leonardo cu tema: *Model de formare flexibilă a forței de muncă în societatea bazată pe cunoaștere(MOFIT)* . Proiectul s-a derulat în perioada: noiembrie 2004 - ianuarie 2007. Centrul de Cercetare în Mecatronică Cluj a fost partener în acest proiect alături de alți nouă parteneri din Anglia, Austria, Germania, Irlanda și Polonia. Proiectul a avut trei finalități:

- oficializarea ocupației de tehnician mecatronist în UE;
- elaborarea curriculei europene pentru pregătirea mecatronistului;
- înființarea unei Rețele Europene de Training în Mecatronică.

- Parteneriatul în cercetare în proiectele din Programul de Cercetare de Excelență (CEEX) lansat în 2005 și în proiectele din programul PN-II, lansat în 2007, prin resursele financiare alocate, a fost foarte benefice pentru consolidarea infrastructurii de cercetare și implicit a platformelor mecatronice la nivelul universităților.

- Prima Conferință Națională de Educație Tehnologică și Tehnologii Educaționale (CNETTE-2009 www.cnette.utcluj.ro). Conferința a avut loc în perioada 4-6 iunie 2009, fiind găzduită de către *Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca*. Conferința a fost organizată de către Departamentul de Mecatronică și Dinamica Mașinilor și Departamentul pentru Pregătirea Personalului Didactic în colaborare cu: *Centrul Internațional de Cercetări și Studii Transdisciplinare Paris*, *Universitatea "Transilvania" din Brașov* - Catedra de Mecanică Fină și Mecatronică și Catedra Design de Produs și Robotică, *Universitatea "Politehnica" din București* - Catedra de Mecatronică și Mecanică de Precizie, *Universitatea Tehnică de Construcții București* - Departamentul pentru Pregătirea Personalului Didactic, *Universitatea din Craiova* - Catedra de Mecatronică, *Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași* - Catedra de Organe de Mașini și Mecatronică, *Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați* - Catedra de Robotică și Sudare, *Universitatea "Politehnica" din Timișoara* - Departamentul de Mecatronică, Inspectoratele școlare județene: Alba, Bihor, Bistrița-Năsăud, Cluj, Hunedoara, Maramureș, Mureș, Satu-Mare, Sălaj.

Secțiunile conferinței au fost următoarele:

- Locul și rolul Educației tehnologice în aria curriculară Tehnologii;
- Tehnologii educaționale integratoare pe platforme mecatronice;
- Politici și programe educaționale în societatea bazată pe cunoaștere.

Pe parcursul pregătirii și desfășurării conferinței (2-6 iunie 2009), la Facultatea de Mecanică a fost organizată o expoziție funcțională de Platforme mecatronice pentru educație și cercetare. În cadrul expoziției a fost prezentat și *Laboratorul mobil de mecatronică* (Fig. 7.1)



Fig.7.1. Laboratorul mobil de mecatronică

Laboratorul a fost conceput pentru activități de cercetare în teren și deopotrivă pentru demonstrații în firme, școli și universități. Laboratorul a fost realizat în cadrul unui proiect capacități CP111/2007 și a fost dat în exploatare în 2009.

La adresa www.cnette.utcluj.ro, se prezintă imagini relevante de la lucrările conferinței și din expoziție. Cu ocazia conferinței a fost lansată cartea: *"Platforme mecatronice pentru educație și cercetare"*.

Conferința și-a propus drept scop: definirea cadrului abordărilor privind dezvoltarea și promovarea noilor tehnologii educaționale. Pregătirea resurselor umane înalt calificate care să asigure dezvoltarea inteligentă, durabilă și favorabilă incluziunii, necesită noi concepte, metode și mijloace pentru susținerea activităților educaționale, de formare continuă și reconversie profesională.

Participarea cadrelor didactice din învățământul preuniversitar la organizarea și lucrările conferinței a facilitat demersurile pentru articularea mecanismului educațional precum și transferul tehnologic în educație.

În pregătirea și organizarea conferinței am fost consiliați de către domnul academician Basarab Nicolescu, prezent în Cluj-Napoca în lunile aprilie-mai 2009 cu ocazia activităților privind cursul: *Metodologia cercetării transdisciplinare*. Acest curs s-a predat la școala doctorală „Paradigma europeană” din cadrul Facultății de Studii Europene a Universității Babeș-Bolyai.

Domnul academician Basarab Nicolescu (fizician, filosof și scriitor francez de origine română) președinte fondator al Centrului Internațional de Cercetări și Studii Transdisciplinare (CIRET) din Paris, este profesor asociat, conducător de doctorat la Universitatea Babeș-Bolyai. De asemenea, este Cetățean de Onoare al municipiului Cluj-Napoca și Doctor Honoris Causa al Universității Tehnice din Cluj-Napoca. Colaborarea cu Departamentul de Mecatronică și Dinamica Mașinilor a început în anul 2007, în cadrul unui proiect de cercetare cu tema: Mecatronica - Mediu pentru învățarea transdisciplinarității și promovarea conceptului de educație integrală.

Conferința a marcat și un jubileu: *un deceniu de Educație tehnologică sub incidența mecatronicii*. Conferința a constituit un prilej pentru un util schimb de experiență privind dezvoltarea tehnologiilor educaționale, compatibile cu cerințele societății bazate pe cunoaștere.

În această etapă, demersurile în educație, pentru dezvoltarea gândirii sistemice, integratoare sunt la fel de importante ca și cele pentru deprinderea scrisului și cititului.

Cunoașterea este rezultatul structurării și integrării informației. Gândirea integratoare este esențială pentru stimularea inovării, calea sigură de urmat pentru creșterea productivității muncii în producția de cunoaștere.

- În aprilie 2010, Catedra de Mecanică Fină și Mecatronică a Universității Transilvania din Brașov, a lansat ideea și a organizat prima ediție a manifestării: „Zilele Educației Mecatronice”. Manifestarea devenită tradițională (ediția a-12-a, 2024 a fost găzduită de către Universitatea Politehnica București), cuprinde: Olimpiada Națională de Mecatronică, sesiune științifică studențească, competiție de proiecte și produse mecatronice realizate de studenți precum și expoziție de produse și sisteme mecatronice ale firmelor din domeniu. Manifestările organizate sub acest generic creează premisele înscrierii și participării României la Olimpiadele Internaționale de Mecatronică.

- În perioada 8-11 mai 2012, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca a găzduit a doua ediție a CNETTE. Programul conferinței a inclus două secțiuni:

- Platforme mecatronice pentru educație și formare profesională flexibilă;
- Mecatronică și transdisciplinaritate.

În paralel cu lucrările conferinței s-au desfășurat lucrările din programul manifestării "Zilele Educației Mecatronice", ediția a-3-a.

- Parteneriatul internațional UTC-N, CIRET, ATLAS (Academy for Transdisciplinary Learning and Advanced Studies, Texas, USA). La conferință au fost participanți din 19 țări. Evenimentul a fost deosebit de benefic la nivel național pentru învățarea transdisciplinarității. În acest parteneriat (UTC-N – coorganizator), în iunie 2018 Universitatea Babeș-Bolyai a găzduit Conferința Internațională ATLAS - 2018 (www.theatlas.org). Tema conferinței a fost *Being transdisciplinary*. Din 2020, pe structura ATLAS s-a înființat ATLAS R&B Institute. UTC-N este membru fondator al acestui institut. Institutul are drept scop dezvoltarea unei mișcări pentru antrenarea studenților de pe toate meridianele globului pentru a participa la rezolvarea problemelor complexe cu care se confruntă omenirea

- Inițiativele, proiectele și programele de cercetare dezvoltate de universități în plan local, național și internațional, au contribuit esențial la crearea premiselor pentru configurarea Platformei Naționale de Mecatronică. Efortul susținut pe parcursul a două decenii, pentru consolidarea parteneriatului interuniversitar precum și dezvoltarea colaborării cu învățământul preuniversitar au creat premisele pentru

dezvoltarea proiectului *POSDRU-ID-64069-FlexFORM- Program de formare profesională flexibilă pe platforme mecatronice* (2010-2013)

Resursele financiare obținute prin acest proiect au permis configurarea într-o structură funcțională a Platformei Naționale de Mecatronică (PNM).

7.2. Structura Platformei Naționale de Mecatronică

7.2.1. Detalii privind proiectul Flexform

Proiectul POSDRU menționat a fost dezvoltat într-un parteneriat ce a inclus: Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca (coordonator) iar Universitatea "Transilvania" din Brașov, Universitatea Politehnica București, Universitatea din Craiova, Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați, Universitatea Tehnică "Gh.Asachi" din Iași, Universitatea Politehnică Timișoara, precum și firma FESTO Romania parteneri.








Investește în oameni!

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013

FlexFORM

Program de formare profesională flexibilă pe platforme mecatronice

Cod Contract: POSDRU/87/1.3/S/64069 adresa web: www.flexform.ro

Parteneriat proiect: **Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca**
 Universitatea Transilvania din Brașov
 Universitatea Politehnica din București
 Universitatea din Craiova
 Universitatea „Dunărea de Jos” Galați
 Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași
 Universitatea „Politehnica” din Timișoara
 Festo S.R.L., Romania

PROGRAM ACREDITAT MECTS (75 credite)
 PROGRAM SUBVENTIONAT COMPLET (transport, cazare și masă)
 GRUP ȚINTĂ: personalul didactic din învățământul preuniversitar
 IMPLEMENTARE: 01.09.2010 – 31.08.2013
 LOCAȚIE: sediile universităților partener
 ÎNSCRIERE ONLINE: www.flexform.ro










Fig. 7.2. Parteneriatul proiectului FlexFORM

Programul de formare, acreditat prin OMECTS nr.4486/23.06.2011 (65 credite), a fost urmat de către 1500 profesori de fizică, matematică-informatică, chimie, biologie și discipline tehnologice, din

toate județele țării. Activitățile de formare s-au desfășurat în Centrele Regionale de Excelență în Mecatronică (CREM) înființate în fiecare dintre universitățile partenere în proiect și, integrate în structura Departamentelor de Mecatronică ale universităților, încă din luna septembrie 2010. Proiectul a intrat în execuție la 01.09.2010. În septembrie 2015, a fost onorată cererea de rambursare finală.

Programul de formare, a fost structurat pe trei module. Activitățile specifice fiecărui curs s-au derulat pe parcursul unei săptămâni (șase zile) și au avut un caracter predominant aplicativ (60% aplicații, 30% teorie, 10% evaluare), conform metodologiei de acreditare. Modulele au avut structura de mai jos:

Modulul 1. Tehnici de informare și comunicare - a inclus cursurile:

- Informatică aplicată în educație și formare (curs + aplicații, 40 ore);
- Medii și tehnologii educaționale interactive (curs + aplicații, 40 ore);
- Portofoliu.

Modulul 2. Platforme mecatronice pentru educație și formare flexibilă (Mecatronică 1)- a inclus cursurile:

- Tehnologie și educație mecatronică. Dezvoltare durabilă (curs + aplicații, 40 ore);
- Metode și tehnici de inovare și creativitate (curs + aplicații, 40 ore);
- Portofoliu.

Modulul 3. Dezvoltare tehnologică și tehnologii educaționale în societatea bazată pe cunoaștere (Mecatronică 2)-a inclus cursurile:

- Dezvoltare tehnologică și tehnologii educaționale (curs + aplicații, 40 ore);
- Tehnologii educaționale interactive (proiect final, dezvoltat pe parcursul a 10 luni);
- Portofoliu.

Proiectele au abordat teme din domeniul tehnologiilor educaționale, în acord cu tematica programului de formare. Temele de proiect au fost alese complementar, astfel că la sfârșitul programului a rezultat o bază de 4500 de aplicații dinamice (interactive), cu tematica axată pe problemele de interes major în educație și formare. Evaluarea a avut două componente: evaluare pe parcurs și evaluare finală. Evaluarea pe parcurs s-a desfășurat la sfârșitul fiecărui modul. Evaluarea finală s-a realizat după parcurgerea întregului program și a constat din

prezentarea câte unui proiect (pentru fiecare modul) care, a avut o componentă științifică și una didactică. Temele de proiect s-au stabilit în prima săptămână a programului de formare.

Abordările inovative în dezvoltarea proiectului pot fi sintetizate astfel:

- S-au explicitat și s-au dezvoltat conceptele de educație și formare profesională flexibilă. Educația și formarea pe platforme mecatronice asigură flexibilitate în gândire și acțiune, trăsături definitorii ale specialiștilor în economia de piață, în contextul societății bazate pe cunoaștere. Astfel, a prins contur și modelul hexagonal pentru educație mecatronică integrală. Educația și formarea flexibilă facilitează problemele de reconversie profesională. Trăsătura definitorie a oricărui sistem mecatronic este flexibilitatea, determinată de integrarea în structură a legăturilor informaționale;

- Platformele mecatronice ale partenerilor în proiect, la nivelul celor șapte centre, cuprind echipamente și aparatură de ultimă generație, însumând valoric peste 5 milioane de Euro. Astfel, profesorii din preuniversitar au avut acces la tehnologie de ultimă oră, într-un mediu academic de aleasă ținută profesională. S-au facilitat astfel demersurile privind transferul tehnologic în educație, cu efecte benefice privind calitatea și eficientizarea procesului educațional în ansamblu;

Succinta prezentare a inițiativelor și rezultatelor evidențiază preocupările și demersurile universităților pentru alinierea standardelor educaționale și în cercetare la nivel național, în acord cu cerințele UE.

7.2.2. Structura Platformei Naționale de Mecatronică

Platforma Națională de Mecatronică (PNM), este rezultatul efortului comun susținut pe parcursul a mai bine de trei decenii de către echipele de specialiști din departamentele demecatronică ale celor 11 universități în care ființează specializarea în inginerie.

PNM a fost inaugurată în luna mai 2015, cu ocazia celei de-a șasea ediții a manifestării: "Zilele Educației Mecatronice", găzduită de către Universitatea din Craiova.

Platforma Națională de Mecatronică reprezintă motorul dezvoltării societății smart și sustenabile.

Platforma Națională de Mecatronică este concepută ca un mecanism național, care, să activeze resursele materiale și umane în plan local, regional, național și, să asigure abordarea sistemică, în viziune

integratoare (holistică) a problemelor complexe privind educația smart pentru dezvoltare sustenabilă.

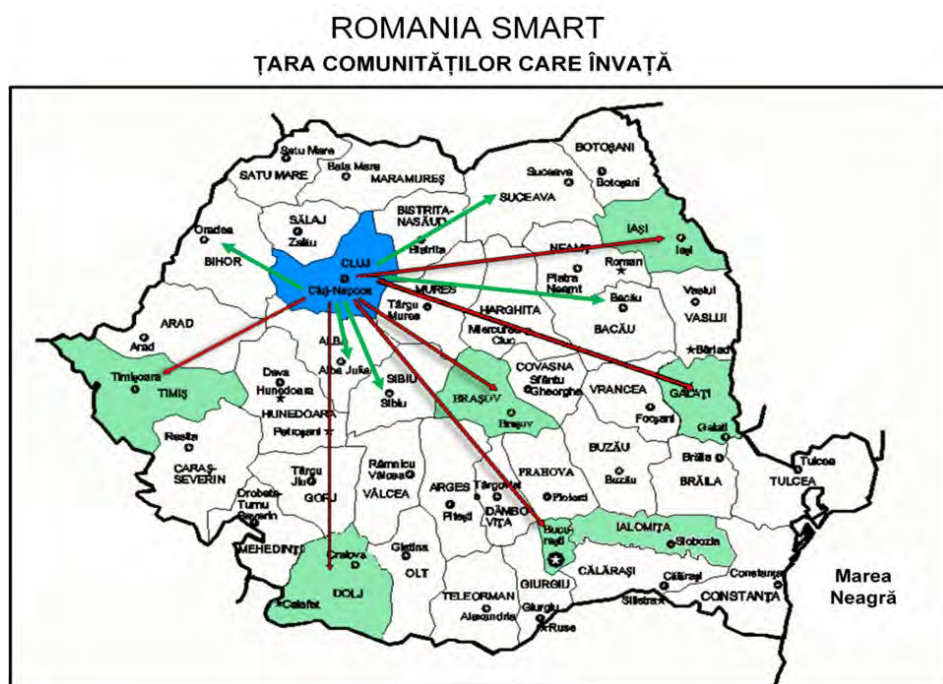


Fig.7.3. Platforma Națională de Mecatronică

PNM are o structură de rețea ce cuprinde șapte Centre Regionale de Excelență în Mecatronică, integrate în structura Departamentelor de Mecatronică ale universităților partenere în proiectul POSDRU menționat. Structura de rețea stimulează integrarea și facilitează controlul. *Centrul regional înființat în cadrul Universității Tehnice din Cluj- Napoca este Centru Coordonator (Fig.7.3).*

7.3. Detalii privind proiectul Romania Smart: Țara comunităților care învață

Proiectul a fost lansat în anul 2018 de către Centrul Coordonator al Platformei Naționale de Mecatronică din cadrul Universității Tehnice din Cluj Napoca, în contextul pregătirilor pentru sărbătoarea Centenarului Marii Uniri.

Anul Centenarului Marii Uniri a reprezentat un moment oportun pentru bilanț și decizii care să asigure foaia de parcurs a țării pentru următorii 100 de ani. Sănătatea, educația infrastructura și economia competitivă reprezintă pilonii de bază pentru dezvoltarea viitoare a României. Este lesne de înțeles că, educația și formarea reprezintă motorul dezvoltării inteligente, durabile și favorabile incluziunii. Această subliniere se regăsește și în strategia UE pentru atingerea obiectivelor Agendei ONU-2030, privind dezvoltarea sustenabilă. Romania Smart este un proiect pentru prezent și deopotrivă pentru viitor. *„Viitorul nu este un cadou, este o realizare. Fiecare generație trebuie ajutată să-și construiască propriul viitor. Aceasta este marea provocare a prezentului” (Robert Fitzgerald Kennedy). Copiii și tineretul în general, trebuie antrenați și ajutați să participe la construirea propriului viitor.*

În contextul tehnologic, economic, politic, social și cultural actual, se impune dezvoltarea unei mișcări naționale pentru *“modernizarea învățământului românesc”*. Se cunoaște că, un astfel de demers a fost susținut de către reprezentanții Scolii Ardelene precum și de către Asociațiunea Transilvană Astra.

Efortul susținut de-a lungul a peste două secole a vizat emanciparea națională, politică, socială și culturală a romanilor din Transilvania și a celor de peste munți, fiind hotărâtor în pregătirea cadrului pentru înfăptuirea Marii Uniri. Prin Marea Unire, “s-au mutat munții”, desființându-se pentru totdeauna granițele dintre frați (Iuliu Hossu). Urmărind evoluția Scolii Ardelene din 1754, până la încetarea naturală a activității (a doua jumătate a sec. XX) vom constata o analogie perfectă cu evoluția în dezvoltarea mecatronicii în România (1990-prezent). Sigur, avem în vedere contextul tehnologic specific, determinat de cele trei revoluții care au marcat sec. XX: *revoluția cuantică, revoluția informatică și revoluția mecatronică*. Deviza Școlii Ardelene a fost „Virtus Romana Rediviva”(V.R.R.), care îndemna la renașterea vechilor virtuți ostășești, în lupta pentru drepturi naționale, pentru limba și credința străbună, pentru unirea tuturor romanilor într-o singură țară. Azi, Platforma Națională de Mecatronică este “Școala Ardeleană Rediviva”. Deviza Platformei este: *“Totul pentru copiii noștri. Prin educație și cultură către Marea Unire Spirituală”*. Astfel, Platforma Națională de Mecatronică și “Astra rediviva”, pot și trebuie să susțină în continuare mișcarea națională pentru *“modernizarea învățământului românesc”*.

Demersurile în acest sens sunt impuse de dinamica privind evoluția în dezvoltarea tehnologică și nevoia promovării tehnologiilor

educaționale smart/inteligente, centrate pe competență în învățământul din România. Aceasta, pentru că, într-o societate anunțată programatic drept *societatea cunoașterii* (B. Nicolescu), analfabetismul științific a devenit cu mult mai frecvent și mai periculos decât mai ușor de depășitul obstacol al învățării scrierii, cititului și socotitului. Din acest punct de vedere, în opinia lui Leon Lederman, laureat al Premiului Nobel pentru fizică (1988) „*Analfabetismul științific riscă să devină obstacolul major în calea supraviețuirii umanității*”. Proiectul propus vine în întâmpinarea acestor nevoi, prin valorificarea potențialului tehnico-științific al Platformei Naționale de Mecatronică (www.smarteducation-clujnapoca.ro).

Obiectivul general al proiectului este: Dezvoltarea unei mișcări naționale, pentru antrenarea tinerilor (elevi, studenți, cercetători, profesori etc.) pentru a participa la rezolvarea problemelor complexe cu care se confruntă societatea, privind modernizarea învățământului și cercetării din România. Platforma Națională de Mecatronică asigură suportul tehnico-științific și cadrul organizatoric pentru a susține aceste demersuri.

Parteneriatul în structura: mediul academic, autorități locale/județene, Inspectoratele Școlare Județene, Casele Corpului Didactic, cu firmele și nu numai, este hotărâtor pentru activarea resurselor necesare privind dezvoltarea societății sustenabile. În termeni tehnici vorbind, prin Marea Unire s-a realizat o integrare structural- funcțională. Platforma Națională de Mecatronică realizează o integrare funcțional – informațională. Facilitățile de comunicare oferite de sistemele IoT și CPS (extensii ale mecatronicii) permit interconectarea românilor de pretutindeni. Astfel se va realiza *Marea Unire Spirituală*.

Un astfel de obiectiv, cu extindere globală, urmărește și ATLAS-R&B INSTITUTE (www.theatlas.org). Institutul a fost înființat în 2020 pe structura academiei ATLAS, SUA. Universitatea Tehnică din Cluj- Napoca este membru fondator al acestui institut, alături de alte nouă universități din lume.

Obiectivele specifice ale proiectului sunt definite astfel:

01. Elaborarea documentației tehnice privind potențialul inovator al mecatronicii ca: tehnologie, filosofie (filosofia integrării), știința mașinilor inteligente, respectiv: Mediu pentru educație smart, învățare organizațională și dezvoltare sustenabilă.

02. Explicitarea problemelor fundamentale privind sustenabilitatea și dezvoltarea sustenabilă. Raportul final elaborat de

către UNESCO privind programul: *“Decada educației pentru dezvoltare sustenabilă” (2005-2014)*, este relevant privind rolul major al educației pentru atingerea obiectivelor Agendei ONU 2030 pentru dezvoltarea sustenabilă.

03. Definirea și materializarea arhitecturii mecatronice specifice “Mediilor pentru educație smart, învățare organizațională și dezvoltare sustenabilă” pentru unitățile de învățământ. Demersul este important pentru eficientizarea procesului educațional.

04. Dezvoltarea fundamentelor științifice privind cele cinci discipline de bază ale “organizațiilor care învață” și elaborarea programelor de pregătire a profesorilor în acord cu standardele consacrate în domeniu. *Mecatronica avansată, Sistemele Ciber-fizice (CPS), Internetul Lucrurilor (IoT) și Inteligența artificială (IA) reprezintă fundamentul tehnico-științific al demersurilor pentru atingerea acestui obiectiv.*

05. Definirea obiectivelor educației smart și elaborarea Metodologiei privind învățarea organizațională.

06. Realizarea unei platforme online (www.smarteducation-clujnapoca.ro), pentru a facilita accesul la cunoaștere, în domenii de interes major privind dezvoltarea tehnologică și tehnologiile educaționale în societatea cunoașterii, precum și a conceptului “smart community” pentru: profesori, elevi, studenți, părinți, firme și alți utilizatori interesați. Platforma a fost lansată în iunie 2017.

07. Definirea cadrului legal pentru transferul tehnologic în educație. Upgradarea continuă a tehnologiilor educaționale este un demers esențial pentru ca pregătirea elevilor și studenților să fie în acord cu evoluția în dezvoltarea tehnologică. Colaborarea universitar-preuniversitar-mediul economic este dătătoare de ton pentru atingerea acestui deziderat.

08. Înființarea Centrelor Pilot de Excelență în Mecatronică la nivel regional/ județean în învățământul preuniversitar. Centrele se vor înființa pe structura unor licee/colegii reprezentative și, vor funcționa sub egida universităților integrate/afiliate în structura Platformei Naționale de Mecatronică, din regiunea respectivă.

09. Dezvoltarea în Centrele Pilot, pe structura Laboratoarelor de Informatică, a Laboratoarelor de Mecatronică și Robotică, pentru pregătirea practică a elevilor și profesorilor. Laboratoare de Mecatronică și Robotică se vor dezvolta treptat în toate școlile din România.

10. Stabilirea unei strategii și elaborarea documentației tehnice pentru realizarea platformelor mecatronice pentru educație și formare

(echipamente specifice , aparatură, software etc.) pentru a susține activitățile practice ale elevilor și profesorilor. Facilitățile oferite de tehnologia mecatronică, resursele umane înalt calificate din universități, potențialul unor unități școlare din învățământul preuniversitar și deopotrivă sprijinul firmelor, fac posibil acest lucru. În prima fază, laboratoarele mobile de mecatronică și robotică la nivel regional/județean pot fi o soluție viabilă. În cadrul Universității Tehnice din Cluj Napoca un astfel de laborator a fost realizat încă din anul 2009. Platformele mecatronice portabile, reprezintă o altă soluție viabilă pentru a stimula inițiativa și creativitatea. Acestea fac posibil experimentul oriunde și oricând. Laboratoarele virtuale sunt de asemenea utile și accesibile. Detalii relevante privind platformele mecatronice pentru educație și cercetare sunt accesibile pe site-ul: www.cnette.utcluj.ro. Imaginile prezentate sunt din expoziția organizată în cadrul UTC-N în iunie 2009, cu ocazia primei Conferințe Naționale de Educație Tehnologică și Tehnologii Educaționale (www.cnette.utcluj.ro)

11. Organizarea manifestării științifice: Zilele Educației Mecatronice (ZEM), pentru învățământul preuniversitar. La nivel academic această manifestare științifică se organizează anual începând din anul 2010. Inițiativa a fost lansată de către Universitatea Transilvania Brașov. Ediția a -12-a ZEM ,a fost găzduită de către Universitatea Politehnica București, 21-24 mai 2024. ZEM-2025 va fi găzduită de către Universitatea din Craiova (13-17 mai 2025). În acest cadru va fi lansată cartea: *Platforma Națională de Mecatronică: Motorul dezvoltării societății sustenabile. Cartea integrează contribuțiile Centrelor Regionale de Excelență în Mecatronică din cele 11 universități în care ființează specializarea de mecatronică în inginerie* (www.zem.utcluj.ro).

12. Diseminarea rezultatelor proiectului în plan local, regional, național și internațional. Demersul științific și finalitățile proiectului reprezintă premiere absolute la nivel național și în bună măsură și la nivel internațional. Premierele se referă la abordarea integrată a problemelor privind dezvoltarea tehnologică, economică, socială, culturală etc. și tehnologiile educaționale, respectiv, integrarea școlii în comunitate.

Prin dezvoltarea proiectului Romania Smart, se asigură cadrul organizatoric și suportul tehnico -științific privind susținerea mișcării naționale pentru “modernizarea învățământului românesc”. Demersul științific în ansamblu este un suport important pentru atingerea

obiectivelor privind dezvoltarea sustenabilă, conform Agendei ONU-2030.

Fundamentul tehnico- științific, realismul soluțiilor propuse pentru abordările în educație și deopotrivă în cercetare- dezvoltare- tehnologică sunt reconfirmate și în sublinierile de mai jos ale Prof. Basarab Nicolescu.

În contextul dinamicii schimbărilor în plan științific și tehnologic determinate de revoluțiile cuantică, informatică și mecatronică, este momentul, subliniază B. Nicolescu, să avem curajul să renunțăm la ideile și viziunile retrograde despre lume, chiar dacă ele sunt adânc ancorate în deprinderile noastre, să conștientizăm că toate ideile sociale, politice, economice care predomină azi au fost modelate după o viziune asupra lumii întemeiată pe știința secolului al XIX-lea .

Deși cu un secol întârziere, este deopotrivă momentul aplicării a ceea ce savantul român numește „*Programul lui Bohr*”, programul primului gânditor al epocii moderne care a pus problema unității cunoașterii umane. Ilustrul fizician, laureat al Premiului Nobel pentru fizică (1922), Niels Bohr a consacrat o bună parte a timpului și efortului său comunicării cu savanți din alte domenii, participând constant și activ la congrese cu tematică mult diferită preocupărilor sale fundamentale, participări ce au culminat cu prezența sa la Congresul Fundației Europene a Culturii (Copenhaga, 1961), la care a rostit faimoasa alocuțiune:” *The Unity of Human Knowledge*”

Deși propunerea a venit de la o celebritate a științei din vremea aceea, programul lui Bohr nu a provocat entuziasm nici printre colegii săi fizicieni, nici printre savanții altor ramuri ale cunoașterii, ceea ce demonstrează cu claritate că fantoma reducăționismului era încă omniprezentă chiar printre cercetătorii și savanții cei mai de seamă ai epocii. Unitate, unificare, unicitate sunt cuvinte care apar tot mai des în limbajul savanților (cu deosebire fizicienilor) contemporani.

De la epoca Niels Bohr, știința a făcut progrese considerabile, actualizând și justificând necesitatea construirii unei noi epistemologii: „Astăzi sunt întrunite condițiile pentru desăvârșirea programului lui Bohr. Aș spune chiar că realizarea sa este de o extremă urgență, având în vedere daunele tot mai evidente ale fragmentării cunoștințelor pentru viața omului contemporan”. Faptul că acumularea actuală a cunoștințelor nu are precedent în istoria omenirii, că au fost explorate dimensiuni altădată de neînchipuit, de la infinit de mic la infinit de mare, de la infinit de scurt, la infinit de lung, este o realitate unanim recunoscută. Suma cunoștințelor despre Univers și sistemele naturale

acumulate în decursul secolului XX depășește cu mult, tot ceea ce a ajuns să fie cunoscut în decursul întregii noastre istorii la un loc. S-a sperat că revoluția cuantică va schimba radical și definitiv viziunea noastră despre lume. Și totuși, nu s-a întâmplat aproape nimic. Noutatea ireductibilă a viziunii cuantice rămâne încă în posesia unei foarte restrânse elite științifice de vârf. Vechea viziune despre lume este încă atotstăpânitoare.

S-a crezut că revoluția informatică ar putea conduce la o mare eliberare de timp, acesta putând fi astfel consacrat vieții și nu în exclusivitate supraviețuirii noastre, așa cum este cazul pentru majoritatea ființelor de pe acest pământ. S-a afirmat, de asemenea, că revoluția informatică va conduce la un partaj al cunoștințelor între toți oamenii din țările bogate sau sărace, preludiu al unei bogății planetare împărtășite. Dar nici în acest sens nu se întâmplă nimic spectaculos.

Dimpotrivă, supertehnicizarea cunoașterii prin integrarea calculatorului în rețeaua neuronală a societății moderne transformă axioma conform căreia până nu demult se credea că cea mai democratică sursă de putere este cunoașterea, într-o regretabilă ironie. Aceasta, pentru că într-o societate anunțată programatic drept *societatea cunoașterii*, analfabetismul științific a devenit cu mult mai frecvent și mai periculos decât ușor de depășitul obstacol al învățării scrierii, cititului și socotitului. Din acest punct de vedere, după opinia lui Leon Lederman, laureat al Premiului Nobel pentru fizică (1988) „*Analfabetismul științific riscă să devină obstacolul major în calea supraviețuirii umanității*”[15].

Comisii UNESCO, savanți de renume, universități și personalități științifice, au atras și continuă să atragă atenția că bazele metodologice ale gândirii și acțiunii noastre sociale de azi sunt demult depășite, că trăim într-o lume a complexității și imprevizibilului, că adevărata cunoaștere bazată pe teoria relativității, revoluția cuantică, descifrarea codului genetic, revoluția informatică și revoluția mecatronică până în prezent un apanaj al elitelor din domeniul științific și tehnologic precum și noua metodologie transdisciplinară trebuie împărtășite.

Fundamentul tehnico-științific precum și rezultatele colaborării în timp ale partenerilor care au participat la realizarea Platformei Naționale de Mecatronică sunt premise ale reușitei în demersurile pentru atingerea obiectivelor propuse.

7.3.1. Parteneriatul pentru implementarea proiectului

Parteneriatul cuprinde principalii actori cu răspunderi în susținerea demersurilor pentru atingerea obiectivelor proiectului Romania Smart, în componența:

1. Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca-Centrul Coordonator al Platformei Naționale de Mecatronică (promotorul proiectului);
2. Centrele Regionale de Excelență în Mecatronică din universitățile partenere în proiectul POSDRU- FlexForm ;
3. Centrele Regionale de Excelență în Mecatronică din universităților mai nou afiliate la Platforma Națională de Mecatronică: Universitatea “Vasile Alecsandri” din Bacău,
4. Universitatea din Oradea, Universitatea” Lucian Blaga” din Sibiu”, Universitatea “Ștefan cel Mare” din Suceava;
5. Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare în Mecatronică și Tehnica Măsurării din București (INCDMTM);
6. Universitatea” 1 Decembrie 1918 “ din Alba Iulia, partener și gazdă a Seminarului Național cu tema: Educație pentru Integrare- Integrare prin Educație (30.nov.2003). În acest cadru a fost lansat proiectul :Program Național de Educație pentru Integrare;
7. Alte Universități și Institute de Cercetare interesate;
8. Reprezentanți ai administrațiilor comunitare;
9. Inspectoratele Școlare Județene și Casele Corpului Didactic;
10. Unitățile școlare din învățământul preuniversitar nominalizate pentru a fi Centre Pilot de Excelență în Mecatronică.
11. Firme, asociații, organizații etc., cu preocupări și rezultate în domeniul educației și formării;
12. Parteneriatul se poate configura în funcție de contextul local, județean, regional, național etc. Interesul general este de a identifica și activa toate resursele existente care, pot fi utile pentru implementarea proiectului.

7. 3. 2. Cadrul organizatoric privind dezvoltarea proiectului

Demersurile privind implementarea proiectului vizează crearea suportului tehnico-științific pentru evoluția școlilor și grădinițelor din țară către statutul de *“organizații care învață”*. Astfel , Romania va deveni o țară a *“Comunităților care învață”* consolidându-se unul din pilonii de bază ai Comunității Smart:*Oameni inteligenți (Intelligent people)*.Potrivit sublinierilor Prof. Peter Senge [26],[27], instituțiile de învățământ pot fi proiectate și administrate ca organizații centrate pe învățare.

Cu alte cuvinte, școlile pot fi făcute indispensabile și creative în mod durabil, nu prin ordine ori directive sau prin regulamente ori evaluări forțate, ci prin adoptarea unei orientări spre învățare. Asta presupune ca toți cei implicați în sistem să- și exprime aspirațiile, să-și extindă domeniul cunoașterii și să-și dezvolte abilitățile împreună. Într-o școală care învață, oameni care în mod tradițional își trezesc suspiciuni unii altora-părinți și profesori, educatori și antreprenori locali, administratori și membri de sindicat, oameni dinăuntru și din afara pereților școlii, elevi și adulți- recunosc rolul comun pe care îl are fiecare în viitorul celuilalt și în viitorul comunității în care trăiesc.

Proiectul poate fi implementat în cadrul legal existent și a reglementărilor în vigoare, la nivelul școlilor, Inspectoratelor Școlare Județene și Casele Corpului Didactic. Schimbările majore, în acord cu obiectivele proiectului trebuie să se producă în modul de gândire și atitudinea tuturor participanților la susținerea procesului educațional (profesori, inspectori, părinți, elevi, comunitate etc.).Programul de pregătire pentru profesori precum si facilitățile privind accesul la documentație specifică în domeniu vor contribui la susținerea acestui efort.

Site-ul www.smarteducation-clujnapoca.ro, lansat deja, va constitui un suport important pentru susținerea acestor demersuri.

Bibliografie

- [1] Ackoff, R ., A lifetime of systems thinking, <http://thesystemsthinker.com> .
- [2] Auer, M.E., Langmann, R. (eds.) Smart Industry & Smart Education, In Proceedings of the 15th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, Springer Publishing, 2019.

- [3] Auer, M.E., Sun Kim, K., (eds.) Engineering Education for a Smart Society, World Engineering Education Forum & Global Engineering Council 2016, Springer Publishing, 2018.
- [4] Berian, S., Cercetări privind potențialul transdisciplinar al mecatronicii, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, 2010.
- [5] Berian, S., Mătieș, V., Transdisciplinaritate și Mecatronică, Editura Curtea Veche, București, 2011.
- [6] Brundtland, G. (edit.): Our Common Future: The World Commission on Environment and Development, Oxford University Press, Oxford, 1987.
- [7] Besoiu, S., Cercetări privind sistemele mecatronice de acționare pe bază de mușchi artificiali pneumatici, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, 2010.
- [8] Buur, J., A., Theoretical Approach to Mechatronic Design, Teză de doctorat, Technical University of Denmark, 1989.
- [9] Buur, J., Mechatronic Design in Japan. A study of Japanese design methods and working practice in Japanese companies, Technical University of Denmark, 1989.
- [10] Ciascai, I., Ciascai, A., Electronică aplicată. Aprofundări. UTPRESS, Cluj-Napoca, 2023.
- [11] Comenius, J.A. Didactica Magna, vol. Opera Didactica Omnia (Opere didactice complete). [online]. București, 1970. Disponibil: <https://vesteabuna.files.wordpress.com/2010/08/jan-amos-comenius-didactica-magna-public-pdf.pdf>
- [12] Dache, L., Cercetări privind dezvoltarea platformelor mecatronice pentru educație smart și învățare organizațională, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj Napoca.
- [13] Donca, R., Cercetări privind controlul bazat pe model cu aplicații în mecatronică. Teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, 2012.
- [14] David S. Evans, Andrei Hagi and Richard Schmalensee, Invisible Engines- How Software Platforms Drive Innovation and Transform Industries, MIT Press, 2006
- [15] Deming, W.E. The New Economy for industry, government and education, 3rd ed. Boston: MIT Press, 2006.
- [16] Dulcan, D.C., Inteligența materiei. Edit. Eikon, Cluj-Napoca, 2009.
- [17] Grimheden. M., Mechatronic Engineering Education, Doctoral Thesis, Royal Institute of Technology, Sstockholm, Sweden, 2006.

- [18] Gunes.V., Peter.S., et al., A Survey on Concepts, Applications, and Challenges in Cyber-Physical Systems, KSH Transactions on Internet and Information Systems, vol.8, No.12, 2014.
- [19] Heidegger, M., Pe Drumul către limbă, în Enciclopedia de filosofie și științe umane, București, All Educațional, 2004.
- [20] Hancu.O., Contribuții privind proiectarea optimală a sistemelor mecatronice, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, 2008.
- [21] Handra-Luca, V., Funcțiile de transmitere în studiul mecanismelor, Editura Academiei, București, 1983.
- [22] Hunt, V.D., Mechatronics: Japan's Newest Threath, Chapman and Hall, New York, 1988.
- [23] Hehenberger,P.,Habib,M.,Bradley,D., Eco Mechatronics. Challenges for Evolution,Development and Sustainability,Springer Nature, Switzerland AG 2022,ISBN 978-3-031-07554-4.
- [24] Jacob,F.,La logique du vivant,Une historie de l'heridite, Galimard Editions,1970.
- [25] Kajitani, M., What has brought Mechatronics into Existence in Japan, Proceedings of the 1st France-Japan Congress of Mechatronics, Besancon, France, 1992.
- [26] Kirwan,G.Ch., Fu.Z., Smart Cities and Artificial Intelligence.Concepts,Systems for Planning Design and Operation, Elsevier, 2020.
- [27] Lăpușan, C., Cercetări privind proiectarea integrată și interfațarea sistemelor mecatronice, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, 2010.
- [28] Lupașcu, S., 1940, L'expérience microphysique et la pensée humaine, Fundația pentru literatură iartă, „Regele Carol al III lea”, Bucure ti.
- [29] Lupașcu, S. „La tragédie de l'énergie, Tournai, Casterman 1970.
- [30] Lupașcu, Ș. „Logica dinamică a contradictoriului, Editura Politică, București, 1982.
- [31] Mătieș, V., ș.a., Tehnologie și educație mecatronică,, Ed. Todesco, Cluj-Napoca, 2005.
- [32] Mătieș, V., ș.a., Actuatori în mecatronică, Ed. Mediamira, Cluj -Napoca,
- [33] Mătieș.V., (coord.) Platforme mecatronice pentru educație și cercetare, Ed. Todesco, Cluj- Napoca, 2009.
- [34] Măties, V., (coord.), Platforma Națională de Mecatronică. Fundamentul programelor educaționale și de formare continuă în societatea cunoașterii, Editura U.T.Press, Cluj-Napoca, 2016.

- [35] Mătieș, V., Vlașin, I., Tămaș, V., Transdisciplinarity, mechatronics and organizational learning, Proceedings of the Atlas Conference-2018, Being Transdisciplinary, ATLAS Publishing 2019, USA.
- [36] McLuhan, M., Mass-media sau mediul invizibil, Editura Nemira, București, 1997.
- [37] McLuhan M., Să înțelegem media : extensiile omului, Curtea Veche Publishing, București, 2011.
- [38] McLuhan, M., Galaxia Gutenberg: scrieri esențiale, Nemira Publishing House, București, 2015.
- [39] Mihuț, I., Doctrina economică a niponismului. Rezumatul tezei de doctorat, Universitatea Babeș-Bolyai Cluj-Napoca, 2012.
- [40] Nicolescu, B., Transdisciplinaritatea. Manifest, Editura Polirom, Iași, 1999.
- [41] Nicolescu, B., Noi, particular și lumea, Editura Junimea, Iași, 2007.
- [42] Nicolescu, B., Yeh, R., Ertaș, A., (eds) Being Transdisciplinary, ATLAS Publishing, Texas, USA, 2019.
- [43] Nicolescu, B., Transdisciplinarity and the future of civilization, Al 3-lea Congres Mondial de Transdisciplinaritate, Mexico City, oct. 2020. Lucrarea este postată pe site-ul: www.smarteducation-clujnapoca.ro
- [44] Noveanu. S., Cercetări privind mecanismele compliante din sistemele mecatronice, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, 2008.
- [45] Oprea, D., Ceretări privind dezvoltarea platformelor mecatronice pentru aplicații în domeniul tehnologiilor educaționale. Teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, 2018
- [46] Peters, J., Van Brussel, H., Mechatronic Revolution and Engineering Education, European Journal of Mechanical Engineering, Vol. 34, Nr. 1, pp. 5-8, 1989.
- [47] Pleșa. A., Contribuții privind aplicațiile vederii artificiale în mecatronică Teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, 2012.
- [48] Pink, D., H., (2015), O minte cu totul nouă, București, Curtea Veche, 2015
- [49] Pop, I., Cercetări privind abordarea transdisciplinară a mecatronicii în societatea bazată pe cunoaștere, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, 2011.
- [50] Rad.C., Contribuții privind optimizarea sistemelor mecatronice de acționare pe bază de actuatori pneumatici, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, 2014.

- [51] Restian, A. Unitatea lumii și integrarea științelor. Integronică. Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1989.
- [52] Retezan, A., Dezvoltare durabilă sau sustenabilitate, Revista Română de Inginerie Civilă, Volumul 9 (2018), Numărul 3 © Matrix
- [53] Romania Smart – Tara comunităților care învață, (proiect), www.smarteducation-clujnapoca.ro
- [54] Rusu, C., Contribuții privind studiul mecanismelor pentru mecatronică, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj Napoca, 2005.
- [55] Senge, M. P., A cincea disciplină – Arta și practica organizațiilor care învață, Editura Business Tech International, București, 2012.
- [56] Senge, M. P., Școli care învață. A cincea disciplină aplicată în educație, Editura TRei, București, 2016.
- [57] Siegel, D. J., Vâltoarea minții: puterea și rolul transformărilor cerebrale în adolescență, București, Herald, 2014.
- [58] Tapscott, D., Crescuți digital: generația net îți schimbă lumea / București: Publica, 2011.
- [59] Tămaș, V., Cercetări privind dezvoltarea infrastructurii specifice platformelor smart city, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, 2021.
- [60] Tătar, O., Studii și cercetări privind sistemele de acționare ale microroboților. Teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj Napoca, 2004.
- [61] Teușan, E., Contribuții privind analiza și sinteza mecanismelor de tip TETROBOT. Teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj Napoca, 2006.
- [62] Szabo, F., Cercetări privind procesul de integrare în mecatronică. Teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, 2006.
- [63] Vermeșan, O., Friess, P., Internet of Things From Research and Innovation to Market Deployment, River Publishers, Danmark, 2014.
- [64] Vlașin, I., Cercetări privind valorificarea potențialului inovator al mecatronicii în dezvoltarea educației smart centrate pe competență, Teză de doctorat, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, 2018.
- [65] Vlașin, I., De la mecatronică la educația smart, UTPRESS, Biblioteca online, 2018.
- [66] Zaffron S., Logan D., The three laws of performance : rewriting the future of your organization and your life, San Francisco, Jossey-Bass, 2009.
- [66] Yamazaky, K., et al., Methodology of education and R&D in Mechatronics. Int. Appl. Eng. Ed. Vol.1 Nr.1. pp.35-41. 1985.

- [67] FlexFORM – Program de formare profesională flexibilă pe platforme mecatronice, Proiect POSDRU-ID-64069, (2010-2013), coord. Universitatea Tehnică din Cluj Napoca.
- [68] Strategia națională pentru dezvoltarea durabilă a României 2030. – București : Paideia, 2018.
- [69] <https://arsc.com>-Asociația Română pentru Smart City și Mobilitate.
- [70] [https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/The 2030 UN Agenda for Sustainable Development](https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/The%2030%20UN%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development.pdf).
- [71] <https://caionescu.blogspot.com>-Gândirea sistemică și organizațiile.
- [72] https://en.wikipedia.org/wiki/Club_of_Rome.
- [73] <https://www.clubofrome.org/report/the-limits-to-growth/>, 1972.
- [74] Shaping the Future We Want.UN Decade of Education for Sustainable Development(2005-2014),FINAL REPORT.Published in 2014 by UNESCO.
- [75] <https://www.dex.ro>, Dicționarul explicativ al limbii române
- [75] OMEN Nr.3872 din 24.05.2000 cu privire la proiectul MECATRONICA XXI.
- [76] OMEN Nr.3205 din 03.02.1999 cu privire la înființarea Consiliului Național pentru Educație Tehnologică și Inovare.
- [77] PROIECT: Program Național de Educație pentru Integrare- lansat cu ocazia Primului Seminar Național cu tema: Educație pentru integrare- Integrare prin educație, Alba Iulia, 30.nov, 2003.
- [78] Laborator regional multifuncțional de mecatronică. Proiect Capacități-CP111/2007.
- [79] FlexFORM-Program de formare profesională flexibilă pe platforme mecatronice, Proiect POSDRU-ID-64069, (2010-2013), coordonator- Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca.
- [80] www.cnette.utcluj.ro Prima Conferință Națională de Educație Tehnologică și Tehnologii Educaționale-CNETTE-2009, 4-5 iunie, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca.
- [81] www.zem.utcluj.ro Zilele Educației Mecatronice (a-XI-a ediție),UT Cluj,21-24 mai,2023.



UNIVERSITATEA TRANSILVANIA DIN BRAȘOV

**CENTRUL DE CERCETARE SISTEME DE ENERGII
REGENERABILE ȘI RECICLARE BRAȘOV (RESREC)¹**

¹ B-dul Eroilor, Nr. 29, 500036 Brașov, România, <https://icdt.unibv.ro/ro/centre-de-cercetare/sisteme-de-enerгии-regenerabile-si-reciclare.html>

8. Dezvoltarea de resurse pentru comunități durabile în centrul de cercetare RESREC

Ion Vișa, Anca Duță, Macedon Moldovan

8.1. Comunități durabile

Asocierea oamenilor în comunități a reprezentat la început calea unică pentru a face față provocărilor naturii, asigurării celor necesare subzistenței și, în extrem, supraviețuirii ca specie. Istoric, comunitățile au evoluat inițial delimitate spațial, pentru ca în timp, componenta reprezentată de interese și preocupări comune să primeze. Comunitățile reprezintă și astăzi unități esențiale în care omenirea se dezvoltă și evoluează. Nu este de aceea deloc surprinzător că provocările omenirii legate de consumul accelerat al resurselor naturale, de poluare și încălzire globală, să-și definească soluțiile concrete de rezolvare tot la nivelul comunității.

Deciziile globale pentru schimbare au la bază date incontestabile semnalate încă din anii '70 ai secolului trecut. La solicitarea Clubului de la Roma, în 1972 un colectiv interdisciplinar de la Massachusetts Institute of Technology (Statele Unite ale Americii) a elaborat un studiu extrem de disputat și contestat inițial; volumul *Limitele Creșterii*, [1], trăgea primul semnal de alarmă documentat asupra dezechilibrului generat de consumul accelerat al resurselor, depășind mult posibilitățile de regenerare ale naturii. Raportul atrăgea atenția și asupra faptului că resursele procesate se reîntorc în natură sub formă de deșeuri pe care mediul înconjurător nu este capabil să le reproceseze, generând astfel probleme majore de poluare. În fiecare deceniu, studiul a fost actualizat iar concluziile lui nu au fost – din păcate – contrazise. Plecând de la probleme semnalate, Organizația Națiunilor Unite a mandatat *Comisia pentru Mediu și Dezvoltare* să analizeze situația și să propună o soluție. Comisia, coordonată de Gro Brundtland a formulat în 1987 un document definitoriu, denumit *Viitorul Nostru Comun*, [2], în care se evidențiază fără drept de apel nevoia de schimbare a tiparelor de producție și consum ale omenirii; principiile enunțate de raport au fost reunite și sunt cunoscute de atunci sub denumirea de *Dezvoltare Durabilă*.

Dezvoltarea durabilă se sprijină pe trei piloni: Economie, Mediu și Societate, iar implementarea trebuie să ofere acțiuni pentru ca toate cele trei componente să evolueze sinergic. Deși recunoscută ca alternativa

viabilă de progres (și supraviețuire) a omenirii, dezvoltarea durabilă nu caracterizează nici astăzi, după 38 de ani, modul nostru de evoluție. Datele EUROSTAT 2024, [3], arată o creștere continuă a temperaturii la nivelul Globului începând cu 1910. De la formularea conceptului de Dezvoltare Durabilă, această creștere este de cca. 1,2°C (față de era pre-industrială), cu o tendință permanent ascendentă. Scenariile climatice arată însă că limita de 2°C a acestei creșteri înseamnă intrarea într-un proces ireversibil de degradare climatică, cu consecințe evident negative asupra mediului și asupra speciei umane.

Factorii care determină concret dezechilibrele climatice sunt numeroși, dar *Energia* (producție, transport și consum) a fost identificată, aproape în unanimitate, ca fiind principala cauză, de aceea dezvoltarea durabilă presupune în primul rând modificarea tiparului energetic atât la nivel rezidențial cât și la nivelul activităților economice, [4]. S-a conturat astfel conceptul de *Energie Durabilă*, ca și componentă esențială a progresului durabil, Fig. 8.1. Energia Durabilă implică acțiuni concertate ținând seama de consum, prin reducerea pierderilor și eficientizarea proceselor (economie de energie, eficiență energetică) și modificarea modului de producere, prin utilizarea resurselor de energie regenerabilă (energie solară, eoliană, geotermică, biomasă, hidroenergie etc.).

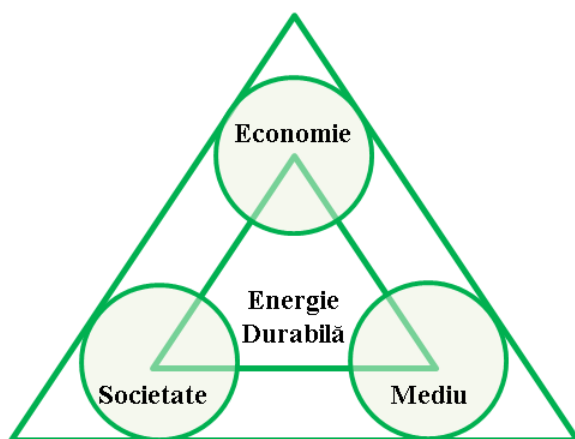


Fig. 8.1. Energia Durabilă, componentă principală a Dezvoltării Durabile

Resursele regenerabile de energie sunt mult mai extins repartizate la nivel global, eliminând astfel problemele de securitate. Pe de altă parte, aceste resurse au un caracter variabil ceea ce ridică probleme noi și provocatoare legate de asigurarea continuității în alimentare. În plus, tehnologiile de producere a energiei din resurse

regenerabile sunt încă în dezvoltare, de aceea sistemele asociate sunt relativ scumpe iar investițiile inițiale – mari. Implementarea sistemelor de energii regenerabile a fost susținută de diferite politici de sprijin la nivel național, dar caracterul fluctuant și relativ incongruent al acestor măsuri a avut ca rezultat o creștere limitată a sustenabilității societății actuale.

Astfel, adoptarea și implementarea soluțiilor concrete pentru Energie Durabilă sunt astăzi general acceptate conceptual, dar bariere semnificative legate de costuri, rezistență la schimbare, mentalități, fac deosebit de lentă tranziția către sustenabilitate la nivel global. De aceea, implicarea activă a membrilor comunității, alături de actorii cheie – vectorii de schimbare, este obligatorie pentru a atinge țintele propuse de acordurile internaționale (între care cel mai recent, COP21, legat de limitarea încălzirii globale și a schimbărilor climatice, a fost semnat în decembrie 2015 la Paris).

Decizia unei comunități de a adopta un model sustenabil de dezvoltare nu este una ușoară și în nici un caz nu se poate aștepta o evoluție spontană în acest sens. Rolul învățământului superior și al cercetării științifice este determinant; este necesară o structurare care să permită formarea de profesioniști pentru promovarea componentelor Energiei Durabile și pentru a crea cadrul prin care membrii comunității trec de la statutul de utilizatori pasivi la cel de implementatori activi ai Dezvoltării Durabile, în condiții de fezabilitate și acceptanță. Pe de altă parte, este nevoie de identificarea de noi concepte, modele, produse high-tech capabile să satisfacă cerințele de energie, mereu în creștere.

8.2. Centrul de cercetare RESREC

Încă de la începutul anilor 2000, grupul care astăzi alcătuiește centrul de cercetare Sisteme de Energii Regenerabile și Reciclare (RESREC) a identificat aceste nevoi primare. În decursul anilor, activitatea în centrul de cercetare RESREC a răspuns concret la cerințele dinamice ale pieței forței de muncă și ale ariei cunoașterii, iar activitatea sa susținută face ca acest centru de cercetare să fie capabil să ofere soluții personalizate pentru tranziția comunităților de la stadiul actual de dezvoltare către sustenabilitate.

În cei peste 20 de ani de activitate, centrul de cercetare RESREC a promovat o abordare integrată a activității didactice și cercetării, și a creat instrumente care să sprijine strategia sa: programe de studii noi, permanent actualizate, tematici de cercetare subsumate celor două

priorități majore, *Energie și Mediu*, colaborare strânsă cu structurile administrative - esențială atât pentru identificarea nevoilor cât și pentru implementarea soluțiilor.

8.2.1. Programe de studii

Progresul din ultimele decenii a schimbat complet piața forței de muncă și a adus în prim plan noi profesii pentru care, de multe ori, nu existau încă programe de studii dedicate. Un astfel de caz este cel al inginerilor capabili să proiecteze, implementeze și opereze sisteme de energii regenerabile. Desigur, domeniile de inginerie electrică, ingineria instalațiilor, inginerie mecanică, etc. pot acoperi segmente ale sistemelor de energii regenerabile, dar abordarea integrată, de exemplu în implementarea mixurilor energetice, reclamă profesioniști cu asemenea competențe.

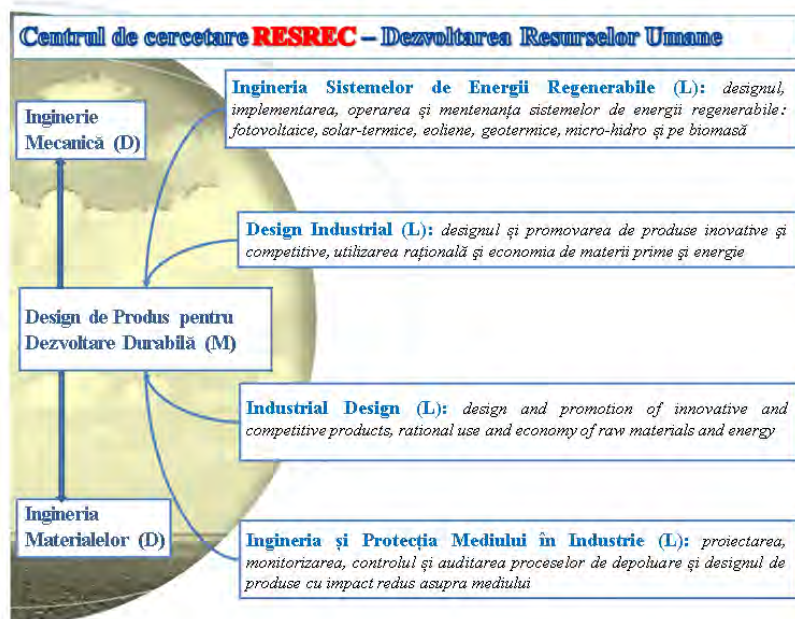


Fig. 8.2. Ofertă educațională integrată licență (L) – masterat (M) – doctorat (D) sub coordonarea centrului RESREC

Pornind de la această realitate, în anul 2006 a fost inclus în nomenclatorul național, la solicitarea Universității Transilvania din Brașov prin centrul de cercetare RESREC, programul de studii *Ingineria Sistemelor de Energii Regenerabile*, care a început să ruleze din 2007; din 2010 oferta a fost completată cu programul de studii *Ingineria Designului*

de Probus, de asemenea la propunerea RESREC și care acum este inclus în programele de studii Design Industrial (1998) și Industrial Design (2000), ambele înființate și introduse în nomenclatorul național de același colectiv de la Brașov. Similar, valorificarea deșeurilor ca materii prime secundare este o cale sustenabilă pentru dezvoltarea de produse și pentru a limita utilizarea resurselor primare, concomitent protejând mediul. De aceea, tot în anul 1997 a început să ruleze programul de studii *Ingineria Valorificării Deșeurilor* (propus de centrul de cercetare RESREC), care funcționează acum inclus în programul de *Ingineria și Protecția Mediului în Industrie (la Brașov, din 2004)*. Astăzi, centrul RESREC susține și coordonează patru programe de studii de licență care au identitate bine definită: design de produse sustenabile pentru energie și mediu. Programele de studii de licență fac parte dintr-o ofertă educațională integrată Licență (L) – Masterat (M) – Doctorat (D), Fig. 8.2.

Programul de masterat *Design de Probus pentru Dezvoltare Durabilă* are o structură flexibilă, cu două direcții de formare pentru design de produs și sisteme de energii regenerabile, care permite studenților dobândirea de cunoștințe aprofundate și interdisciplinare și îi pregătește pentru dezvoltarea comunităților durabile. Peste 30 de programe de doctorat derulate în centru în domeniile Inginerie Mecanică și Ingineria Materialelor au format tot atâția profesioniști de top, activi astăzi în universități și companii din România și din lume.

Centrul de cercetare RESREC a fost și este implicat în numeroase proiecte internaționale de educație și formare. Prin aceste proiecte s-au dezvoltat module de cursuri pentru formarea inițială dar și programe de reconversie profesională și perfecționare cum sunt cele de *Sisteme de Energii Regenerabile și Protecția Mediului*, cu structură adaptată cerințelor mediului economic sau programul *Sisteme de Energie Durabilă și Mediu*, adresat profesorilor de liceu. De altfel, legătura cu liceele este o permanență a activității centrului, realizată în ultimii ani și cu implicarea partenerilor din clusterelor în care centrul este membru.

Calitatea programelor de educație și formare este asigurată prin permanenta legătură cu cercetarea (prin intermediul cadrelor didactice din centru) și printr-o infrastructură didactică de excepție, realizată fie prin achiziții, fie prin programele de doctorat derulate în centru.

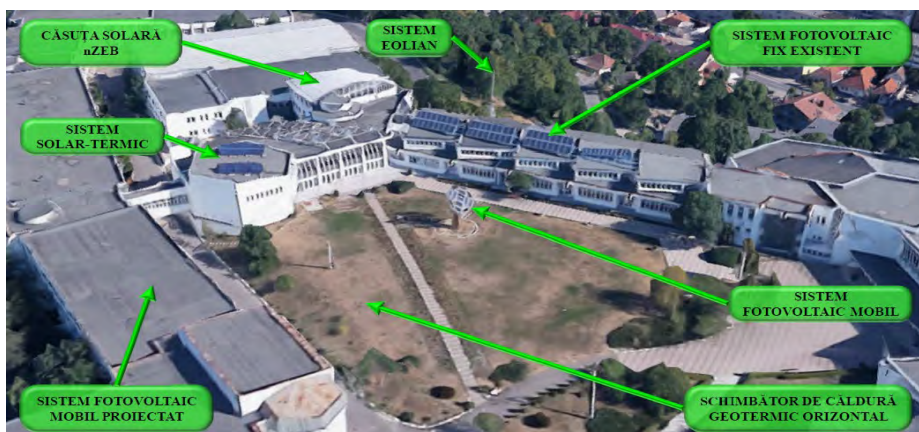


Fig. 8.3. Standuri de energii regenerabile în locația centrului de cercetare RESREC din campusul Colina Universității

Această infrastructură este situată în cele două locații ale centrului de cercetare RESREC de pe Colina Universității (Fig. 8.3) și din Institutul de Cercetare Dezvoltare al Universității Transilvania din Brașov (Fig. 8.4) și cuprinde laboratoare și standuri implementate în mediul exterior, cu instalații și sisteme funcționale.

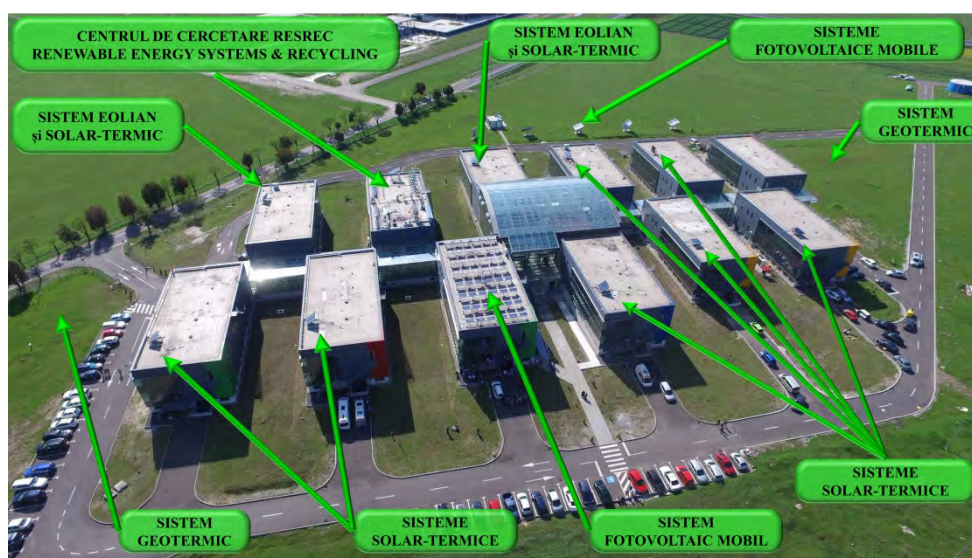


Fig. 8.4. Standuri de energii regenerabile în locația centrului de cercetare RESREC din Institutul de Cercetare Dezvoltare al Universității Transilvania din Brașov

Infrastructura dezvoltată a permis și organizarea de școli de vară în care studenți din întreaga lume au luat contact prin experiență directă cu problematica complexă asociată tranziției către comunități durabile.



Fig. 8.5. Școala de vară internațională Smart Metropolitan Regions

Astfel, în 2013 și 2014 s-au organizat, în colaborare cu *European Sustainable Energy Alliance (ESEIA)*, școlile de vară *Smart Metropolitan Regions*, Fig.8.5; în anul 2016, centrul RESREC a găzduit școala de vară organizată în cooperare cu asociația internațională a studenților din inginerie (BEST), cu tema *Comunități Durabile*.

8.2.2. Cercetare științifică

Centrul de cercetare RESREC reunește membri cu competențe complementare dobândite în formarea inițială: inginerie mecanică, inginerie industrială, inginerie civilă, electronică, ingineria materialelor, chimie și inginerie chimică, ingineria mediului; această structură permite abordarea de tematici interdisciplinare în domeniul prioritar la nivel european și național *Energie și Mediu*. Domeniul prioritar este generos, iar identitatea specifică a centrului de cercetare se regăsește în domeniul dezvoltării de produse și procese avansate bazate pe conversia energiei regenerabile și valorificarea deșeurilor pentru dezvoltarea durabilă a comunităților, Fig. 8.6.

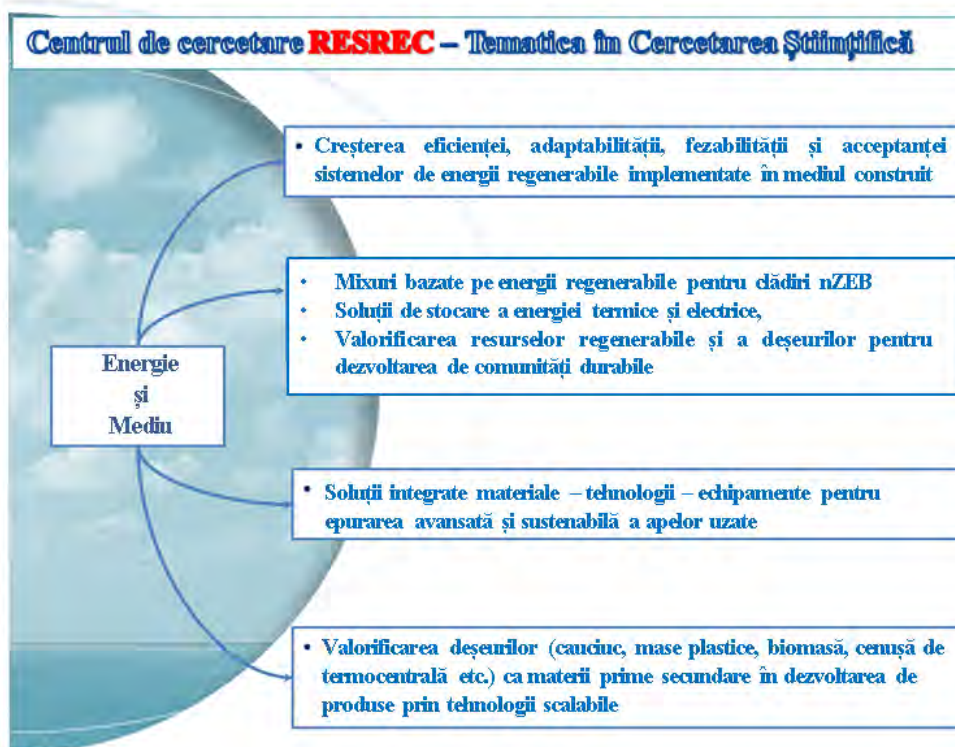


Fig. 8.6. Tematica de cercetare științifică specifică centrului de cercetare RESREC în cadrul domeniului prioritar Energie și Mediu

Conform cu competențele sale, centrul de cercetare abordează aspecte specifice în dezvoltarea comunităților, referitoare cu precădere la implementarea modelelor de energie durabilă, prin estimarea disponibilului de resurse regenerabile, a necesarului de energie la nivel comunitar (cu precădere în mediul construit) și dezvoltarea de ansambluri de sisteme de energii regenerabile (mixuri energetice) optimizate considerând aspectele economice, de fezabilitate, și de calitate a mediului, Fig. 8.7:

Studiul radiației solare și al sistemelor de conversie a acesteia este în sine un subiect deosebit de larg, pe care centrul de cercetare îl abordează având în vedere finalitatea: clădirile eficiente energetic, ca unitate de bază a comunităților durabile.

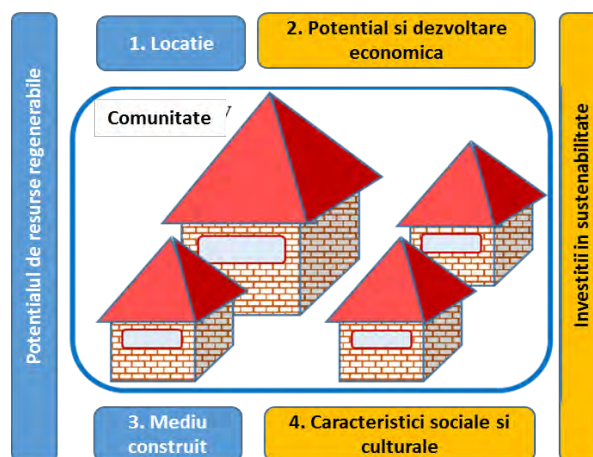


Fig. 8.7. Domenii de competență ale centrului RESREC în prioritatea Energie și Mediu

Tipul și dimensiunea sistemelor de conversie a energiilor regenerabile implementate direct pe clădiri și a celor dezvoltate pentru întreaga comunitate reprezintă un subiect de cercetare științifică și optimizare conform cu tipul și resursele comunitare. Asigurarea sustenabilă a celorlalte utilități, cu precădere a apei în vederea reutilizării și valorificarea deșeurilor rezultate la finalul ciclului de viață al produselor (inclusiv a componentelor active din sistemele de energii regenerabile), asigură un studiu complet al dezvoltării comunităților durabile, Fig. 8.8

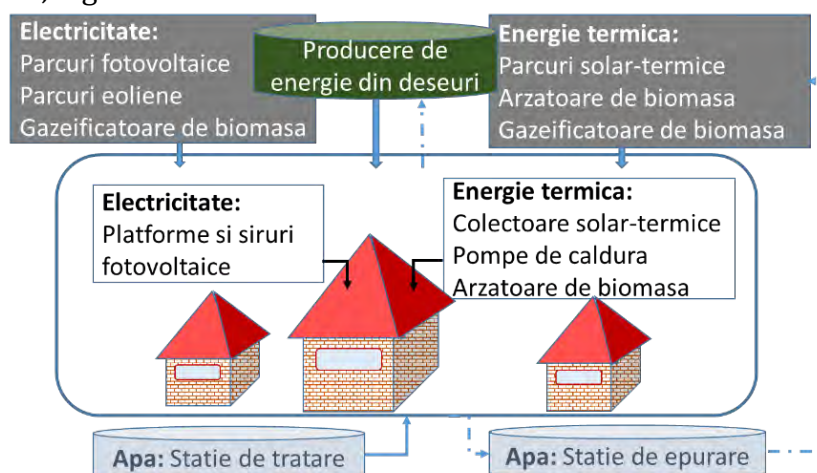


Fig. 8.8. Implementarea fezabilă a mixurilor de energii regenerabile în comunități

În tematica identificată, membrii centrului de cercetare împreună cu studenții doctoranzi, precum și cu studenții anilor terminali de la ciclurile de masterat și licență, desfășoară activități de cercetare avansată într-o abordare complexă, *de la Material la Produs*, pentru dezvoltarea de concepte, modele, componente și sisteme de conversie a energiei solare. Această coerență a tematicii asigură utilizarea rațională a resurselor și performanța în cercetare, Fig. 8.9.

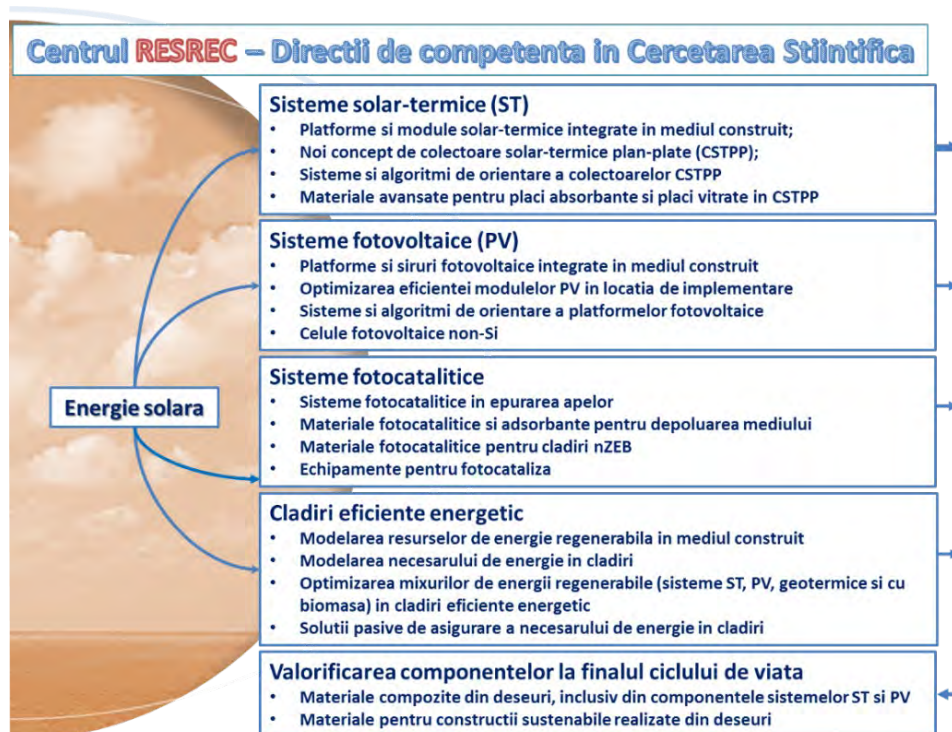


Fig. 8.9. Competențe specifice în cercetarea științifică în centrul RESREC

Cercetarea științifică se derulează preponderent în locația centrului RESREC situată în Institutul de Cercetare – Dezvoltare al Universității Transilvania din Brașov (ICDT), în clădirea L7 (Fig. 8.10). Infrastructura de cercetare a fost dezvoltată prin granturi cu finanțare națională și europeană, inclusiv printr-un proiect major de tip CNCISIS platformă (Design de Produs pentru Dezvoltare Durabilă, 2006- 2008) și a fost extinsă semnificativ prin proiectul de fonduri structurale care a condus la realizarea institutului ICDT.



Fig.8.10. Standuri de cercetare pentru sisteme solar-termice și fotovoltaice pe terasa clădirii centrului de cercetare RESREC în Institutul de Cercetare Dezvoltare al Universității Transilvania din Brașov

Infrastructura cuprinde linii integrate pentru studii specifice:

- *Evaluarea potențialului de energii regenerabile:* radiație solară și potențial eolian. Centrul dispune de două stații meteo implementate în cele două locații (Campusul Colina Universității și ICDT) care permit analiza comparativă a influenței mediului construit asupra cantității și calității de energie solară precum și asupra distorsiunilor potențialului eolian. În locația din Institut, Centrul dispune și de echipamente deosebit de performante pentru măsurarea componentelor radiației solare (echipamente Solys), Fig. 8.11a.
- *Evaluarea răspunsului fotovoltaic pentru diferite module PV implementate în mediul construit,* în platforme și șiruri (în ambele locații ale centrului). Infrastructura permite analiza comparativă a modulelor de siliciu (amorf, mono- și poli-cristalin), de CdTe, CIS, CIGS, instalate în sisteme fixe și pe platforme și șiruri cu mecanisme de orientare. Astfel se pot optimiza algoritmi de orientare conform cu locația de implementare și cu tipul de modul care permit o creștere a producției fotovoltaice cu cca. 30%, [5]. O parte din această infrastructură este prezentată în Fig. 8.11b și 8.11c.
- *Adaptabilitatea și eficiența sistemelor solar-termice în mediul construit,* pentru asigurarea necesarului de încălzire și apă caldă menajeră (colectoare solar-termice plan-plate) precum și al necesarului de răcire (colectoare concentratoare). Un domeniu de excelență este reprezentat de noi colectoare solar-termice plan-plate pentru implementare în mediul construit ca fațade solare, [6]. Infrastructura permite și dezvoltarea de sisteme și algoritmi de orientare adaptabili, [7], proiectați pentru a crește producția de energie termică (atunci când

este necesară) și pentru a măări durabilitatea sistemelor solar-termice, în condiții de fezabilitate tehnico-economică.



(a) Stație meteo (stânga) și echipament Solys 2 (dreapta)



(b) Șiruri fotovoltaice cu sisteme monoaxiale de orientare



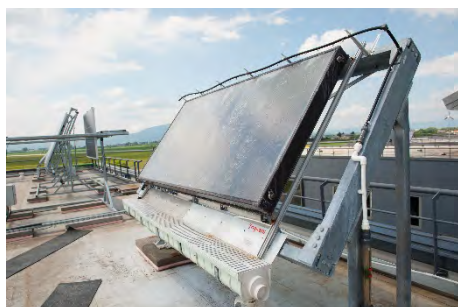
(c) Module fotovoltaice flexibile (stânga) și module PVT (dreapta)

Fig. 8.11. Infrastructura de cercetare științifică în centrul de cercetare RESREC

Durabilitatea colectoarelor este testată și prin noi procedee, încă neincluse în standarde, pentru evidențierea rezistenței la coroziune în mediul salin. Standurile cuprind echipamente instalate în interior și în exterior, permițând investigații complexe și complete. Această infrastructură este succint prezentată în Fig.8.11d – 8.11f.



(d) Stand cu sistem de orientare biaxial pentru optimizarea algoritmilor de orientare



(e) Stand pentru teste de coroziune accelerată a colectoarelor solare (stânga) și colectoare concentratoare (dreapta)



(f) Colectoare solar-termice pentru producerea apei calde menajere în ICDT

Fig. 8.11. Infrastructura de cercetare științifică în centrul de cercetare RESREC (continuare)



(g) Instalații de sinteză hidrotermală (stânga) și pulverizare cu piroliză (dreapta)



(h) Echipamente de caracterizare a suprafeței (stânga) și a proprietăților de udare (dreapta)



(i) Spectroscop de absorbție atomică (stânga) și difractometru de raze X (dreapta)

Fig. 8.11. Infrastructura de cercetare științifică în centrul de cercetare RESREC (continuare)



(j) Mașină de injecție (stânga) și fermentator de biomasă (dreapta)



(k) Echipamente pentru testarea proprietăților mecanice



(l) Infrastructura IT și software

Fig. 8.11. Infrastructura de cercetare științifică în centrul de cercetare RESREC (continuare)

- *Obținerea și caracterizarea de noi materiale pentru conversia energiei solare* în celule fotovoltaice, colectoare solar-termice și sisteme fotocatalitice. Materialele, obținute ca pulberi sau filme subțiri cu proprietăți controlate exploatează versatilitatea compușilor oxidici și a calcogenidelor. Infrastructura din centrul de cercetare RESREC cuprinde linii de sinteză hidrotermală, depuneri robotizate prin pulverizare cu piroliza, sinteze sol-gel în ultrasunete, etc. Echipamentele de caracterizare vizează analiza și controlul proprietăților de materiale: difracție de raze X, microscopie de forță atomică și microscopie electronică de baleiaj, determinări de suprafață specifică BET, de compoziție superficială (EDX) și energie superficială (unghi de contact). Proprietățile de material sunt coroborate cu proprietățile aplicative: optice (spectroscopie FT-IR, UV-Vis), opto-electronice (potențiometrie, spectroscopie de impedanță), fotocatalitice (analize de carbon și azot total – TOC și TN, de metale grele prin spectroscopie AAS, conținut biochimic de oxigen CBO₅ etc.), Fig. 8.11g – i.

- *Valorificarea deșeurilor ca materii prime secundare.* Infrastructura permite obținerea de compozite din deșeuri polimerice, ceramice, lemnoase, oxidice, prin injecție și prin termo-formare. Alături de proiectarea și dezvoltarea acestor compozite pentru aplicații scalabile în mediul construit și pentru sisteme de energii regenerabile, activitatea utilizează infrastructura din centrul pentru evaluarea proprietăților mecanice (alungire – deformare, rezistență la compresiune și la impact) și a durabilității în condiții controlate de degradare accelerată (în cameră de ceață și/sau sub iradiere UV). Deșeurile de biomasă sunt investigate și ca resursă pentru biocombustibili și compost, utilizând fermentatoare iar Fig. 8.11j și 8.11k prezintă o parte din aceste echipamente.

Liniile integrate de echipamente sunt completate de infrastructura IT (rețelele de calculatoare ale centrului de cercetare RESREC și Data Center-ul Institutului). Modelarea și prototiparea virtuală, parte esențială a activității de cercetare este susținută de produsele software dedicate (CATIA, Solid Works, ANSYS, TRNSYS, Meteororm, etc.), accesabile din spațiul dedicat resurselor umane ale centrului, la etajul clădirii L7, Fig. 8.11 l.

De la înființarea sa, membri centrului de cercetare RESREC au derulat peste 50 de granturi și contracte de cercetare științifică, cu finanțare națională și europeană. Complexitatea abordărilor și gradul avansat de noutate au făcut ca, de exemplu, în anul 2015 să se afle în derulare 11 granturi de cercetare, Fig.8.12. Prin aceste granturi s-a dezvoltat cunoaștere și s-au creat locuri de munca pentru trei masteranzi

angajați ca asistenți de cercetare științifică. Dincolo de aceasta, granturile au adus recunoaștere și vizibilitate centrului RESREC la nivel național și internațional.

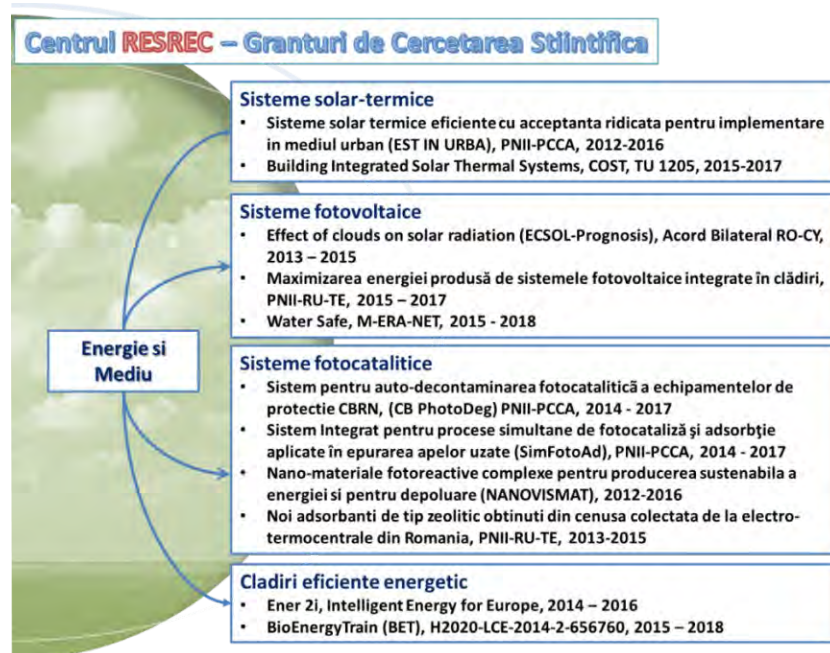


Fig. 8.12. Granturi de cercetare dezvoltate în centrul de cercetare RESREC

Câteva dintre realizările acestor granturi sunt succint prezentate în cele ce urmează:

- *Noi colectoare solar-termice pentru integrare în mediul construit*, s-au conceput cu formă și culori netradiționale pentru integrarea în fațade. Proiectul EST IN URBA care s-a finalizat în anul 2016 a condus la design-ul, prototiparea virtuală, dezvoltarea prototipurilor fizice și optimizarea de colectoare trapezoidale, cu eficiență ridicată a conversiei solar-termice.

Realizarea de noi materiale colorate pentru placa absorbantă și de filme subțiri cu proprietăți de auto-curățare pentru suprafața vitrată au susținut demersul, cu grad avansat de noutate, Fig. 8.13 - 8.14.

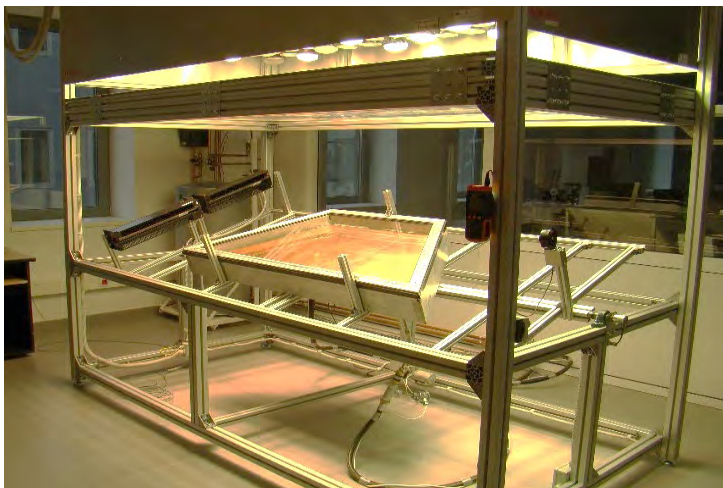


Fig. 8.13. Colector solar trapezoidal testat în condiții standard (proiect EST IN URBA)



Fig. 8.14. Colectoare solare trapezoidale testate în condiții reale (proiect EST IN URBA)

Recunoașterea rezultatelor obținute prin proiectul EST IN URBA au adus și invitația de participare, în calitate de coordonator al rețelei naționale, în cadrul proiectului COST dedicat sistemelor solar-termice integrate în mediul construit (BIST, TU 1205).

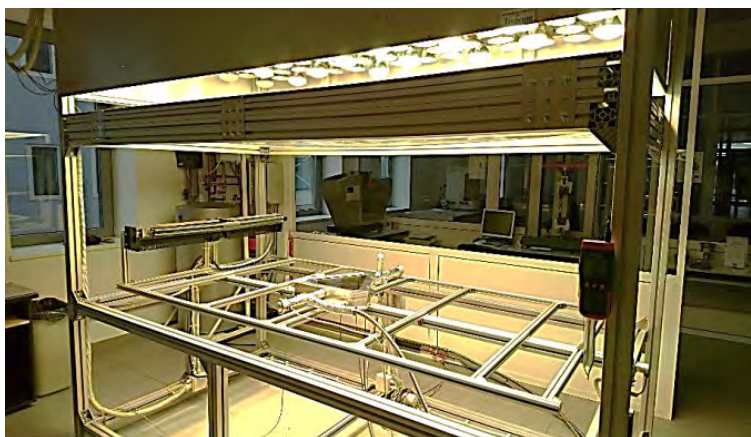


Fig. 8.15. Colector solar triunghiular testat în condiții standard (proiect SOL TRI COL)

În cadrul proiectului SOL TRI COL au fost dezvoltate [8, 9] colectoare solar termice triunghiulare care au fost testate în condiții standard [10] (Fig. 8.15) și în condiții reale [11] (Fig. 8.16).



Fig. 8.16. Colector solar triunghiular testat în condiții reale (proiect SOL TRI COL)

- *Platforme fotovoltaice implementate în mediul construit* pentru acoperirea necesarului funcțional al clădirilor și pentru celelalte sisteme asociate clădirilor eficiente energetic, reprezintă un subiect incitant, abordat din numeroase unghiuri prin proiectele aflate în derulare. Efectul radiației, temperaturii și factorilor climatici asupra răspunsului fotovoltaic (Proiectele ECSOL Prognosis, și RU-TE) este corelat cu tipul materialelor active precum și cu cel al suprafețelor vitrate transparente, utilizând în studii cinci platforme fotovoltaice implementate în mediul construit (ICDT), Fig. 8.17.



Fig. 8.17. Platforme PV orientate pentru studiul conversiei fotovoltaice

Rezultatele sunt utilizate în proiectarea de noi tipuri de celule fotovoltaice ceramice (Proiect Water Safe). Extinzând aria de aplicații, granturile în derulare au permis dezvoltarea de sisteme fotovoltaice pliabile pentru a asigura independența energetică a dispozitivelor de depoluare/decontaminare fotocatalitică implementate în locații fără conexiune la rețeaua națională de electricitate (agricultură, teatre de operațiuni militare), în proiectul CBPhotoDeg. De asemenea, independența energetică asigurată de sisteme fotovoltaice sau hibride eolian-fotovoltaice a fost exploatată și pentru dezvoltarea de unități de epurare a apelor prin fotocataliză și adsorbție, implementabile în locații îndepărtate în proiectul SimFotoAd.

- *Materiale fotocatalitice și adsorbante pentru epurarea avansată a apelor și pentru suprafețe cu autocurățare* reprezintă un alt subiect aprofundat sunt recunoscute contribuțiile internaționale în formularea conceptelor de materiale compozite active și eficiente sub iradiere solară, dezvoltate ca pulberi (proiectele SimFotoAd și RU-Te, [12]) sau ca filme subțiri pe suprafețe vitrate sau pe textile (proiectele NANOVISMAT și CB PhotoDeg, [13]). Important este că aceste proiecte au adus contribuții semnificative și în transferabilitatea rezultatelor către comunități, prin dezvoltarea de echipamente (fotolizoare), realizând astfel un ciclu complet material – echipament – tehnologie sustenabilă. Un tip nou de fotolizor a fost realizat în cadrul proiectului 598 PED/2022 în care materialul fotocatalitic este depus pe suprafețe sferice cu diametru redus

Suprafețele fotocatalitice s-au dovedit performante și ca suprafețe (opace) recomandate pentru tencuieli cu proprietăți de autocurățare. Diverse materiale compozite solar și VIS-active au fost investigate de tipul compozitelor cu matrice de TiO_2 și umplutura de compusi

anorganici uzuali (CZTS) sau cu derivati de grafena (GO, rGO), [14], sau derivati mai stabili termici ai acesteia (g-C₃N₄), [15].

- *Clădiri cu autonomie energetică ridicată și consum redus de energie* reprezintă un subiect abordat interdisciplinar, vizând soluții de utilizare pasivă a energiei solare și implementarea mixurilor bazate preponderent pe sisteme de conversie a energiei solare (alături de sisteme geotermice cu pompe de căldură și sisteme pe bază de biomasă). Soluții pentru dezvoltarea de clădiri cu consum redus de energie acoperit majoritar din resurse regenerabile (*Nearly Zero Energy Buildings, nZEB*) au fost modelate și validate pe Căsuța Solară (din locația centrului RESREC în Campusul Colina, Fig. 8.18) și pe clădirea L7 a centrului în ICDT, [16, 17]. Rezultatele, au fost obținute și diseminate prin proiectele internaționale BET (H2020) și ener2i (IEE) către reprezentanți ai comunităților din UE și din țări aflate în perioada de pre-aderare.



Fig. 8.18. Căsuța Solară, clădire cu autonomie energetică ridicată

Activitatea derulată prin cercetare științifică finanțată a condus astfel la rezultate multiple: noi concepte, modele, demonstratoare și prototipuri care au fost comunicate în evenimente internaționale majore, au fost publicate în peste 500 de lucrări în jurnale din fluxul principal, dintre care peste 160 în jurnale indexate ISI Thompson WoS, și au reprezentat baza a peste 35 de propuneri de brevete (dintre care 20 brevete acordate, iar celelalte aflate încă în evaluare).

Calitatea și vizibilitatea cercetării științifice a permis organizarea de evenimente științifice internaționale, sub coordonarea centrului de cercetare RESREC. Începând cu anul 2005, la fiecare trei ani se organizează în centru *Conference for Sustainable Energy (CSE)* care a atras lucrări de înaltă ținută științifică, publicate în jurnalul ISI *Environmental Engineering and Management Journal (CSE 2011)* și respectiv în volume din seria Springer – Energy (CSE 2014, CSE 2017 și

CSE 2020). Experiența colectivului în domeniul sistemelor mecanice implementate în sisteme de energii regenerabile a fost recunoscută internațional prin *TC Sustainable Energy Systems* (TC SES), Comitet Tehnic parte a Federației Internaționale pentru Știința Mecanismelor și Mașinilor, IFToMM (TC SES este coordonat de prof. Ion Visa) și a permis elaborarea monografiei *The Role of Mechanisms in Sustainable Energy Systems*, Fig. 8.19.



Fig. 8.19. Publicații recente ale membrilor centrului de cercetare RESREC

Marea majoritate a acestor granturi s-a derulat în parteneriate multi-actor, Fig. 8.20, în care membrii centrului de cercetare RESREC au activat alături de alte entități de cercetare științifică (între care Universitatea din Graz, Universitatea Nova din Lisabona, Universitatea Armeano-Americană din Yerevan, Universitatea Politehnica din București, Universitatea Tehnică din Cluj Napoca, Universitatea Valahia din Târgoviște, INCD-INFPLR, INCD Textile și Pielărie, CBRN București, INCD-INOE și multe altele), alături de clustere (Green Energy, RenErgEUReg), și de companii și firme individuale (Centrul de Tehnologii, Inventică și Bussiness, EDAS SA, STIMPEX SA, etc.). Această experiență a permis și accesarea rețelelor internaționale dedicate energiei durabile (*European Sustainable Energy Innovation Alliance, ESEIA*, al cărei vice-președinte de la înființare -2009 până în 2024 a fost prof. Ion Visa).

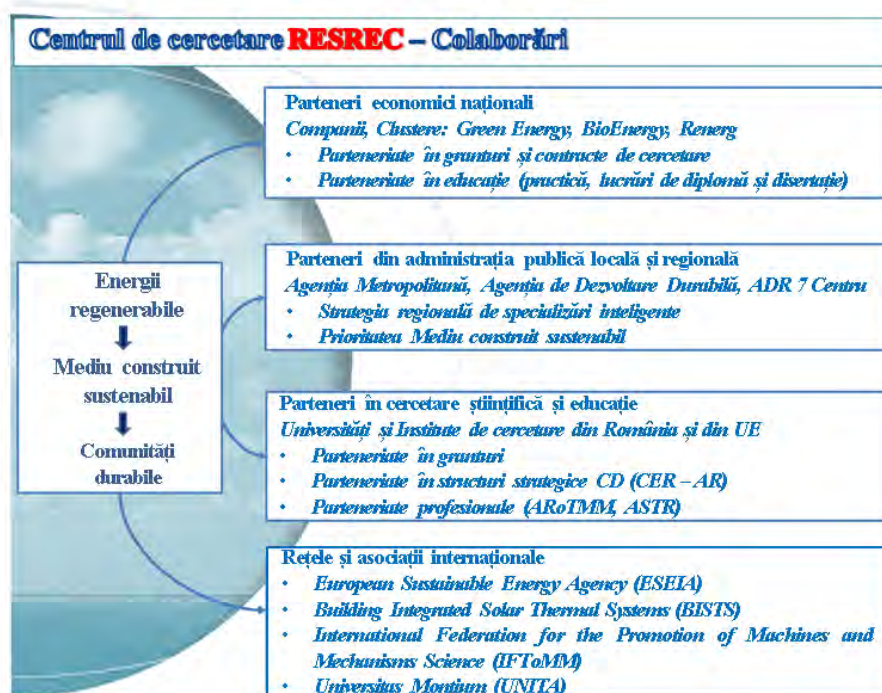


Fig. 8.20. Colaborări pentru promovarea Energiei Durabile în comunități

Cea mai semnificativă realizare în care Centrul RESREC a avut o contribuție determinantă este proiectul care a condus la realizarea Institutului CD al Universității (ICDT). Proiectul *Institut CD: Produse*

High-Tech pentru Dezvoltare Durabilă, PRO-DD a fost finanțat prin fonduri structurale (ID 123, ctr. Nr. 11/2009), cu 60 mil. lei, la care s-a adăugat și o contribuție importantă din fondurile proprii ale Universității (20 mil. lei). Proiectul derulat între 2009 și 2013 a avut în Comitetul de Management doi membri ai centrului:

Prof. dr. ing. Ion Visa – directorul proiectului și Prof. dr. ing. Anca Duță – responsabilul administrativ și financiar.



Fig. 8.21. Institutul de Cercetare Dezvoltare al Universității Transilvania din Brașov

Prin proiect s-au realizat 11 clădiri de laboratoare care găzduiesc astăzi cele 31 de centre de cercetare din Institut, Fig. 8.21. Clădirile au fost concepute și realizate în conceptul de clădiri eficiente energetic, iar transformarea lor în nZEB este proiectată gradual, prin implementarea mixurilor bazate pe energii regenerabile. Aceste mixuri sunt concepute, testate și validate pe clădirea centrului de cercetare RESREC (L7) care reprezintă practic un stand de testare la scara 1:1 a soluțiilor de autonomie energetică ridicată.

Proiectele pentru construcția Institutului s-au realizat de către echipe din Universitatea Transilvania (facultățile de Construcții, Design de Produs și Mediu, Inginerie Electrică și Știința Calculatoarelor, Inginerie Mecanică, Știința și Ingineria Materialelor), sub coordonarea Prof. Ion Visa.

Dincolo de realizarea de excepție care este Institutul ICDT, exploatarea lui a arătat că în România se poate construi, cu profesionalism și determinare, o comunitate (academică, în acest caz) care cuprinde clădiri cu consumuri reduse de energie (sub 80 kWh/m²/an), cu investiții suportabile. Institutul dovedește că proiectarea inteligentă și exploatarea rațională a resurselor locale de energie regenerabilă și de apă conduc la dezvoltarea de structuri comunitare durabile.

Valorificarea cunoașterii dobândite prin granturi și mai ales prin proiectul PRO-DD este acum realizată prin colaborare intensă cu autoritățile locale (Agenția Metropolitană Brașov) și Regionale (ADR 7

Centru, cu sediul la Alba Iulia). Ca o recunoaștere a calității profesionale și a expertizei în domeniu este introducerea, la propunerea centrului RESREC, a unui domeniu de specializare inteligentă pentru perioada 2014 – 2020 și în continuare, specific Regiunii de Dezvoltare Centru: Mediul Construit Sustenabil (<http://www.adrcentru.ro/Lista.aspx?t=StrategiaSpecializareInteligenta>). Această opțiune strategică adoptată de ADR Centru este intens susținută de centrul RESREC prin interacțiunea cu mediul economic, social și din administrație.

8.3. În loc de concluzii

Este dificil de cuprins în câteva pagini evoluția și realizările unui colectiv care a impus ca țintă principală calitatea și performanța activităților pentru a contribui real la dezvoltarea și transmiterea de cunoaștere către comunitatea din care face parte. Centrul de cercetare RESREC este o micro-comunitate, integrată în comunitatea universitară brașoveană, parte din comunitatea națională, parte – la rândul ei - din comunitatea internațională. Într-o lume dinamică, a competiției și a valorilor reale, centrul de cercetare RESREC și-a dobândit identitatea proprie printr-un efort susținut și permanent al tuturor membrilor săi.

Bibliografie

- [1] Meadows, D., Meadows, D., Randers, J., & Behrens, W., The Limits to Growth, New York: Universe Books, ISBN 0-87663-165-0, 1972
- [2] World Commission on Environment and Development, Our Common Future, Oxford: Oxford University Press, Oxford, ISBN 019282080X, 1987
- [3] Eurostat, Sustainable development in the European Union : monitoring report on progress towards the SDGs in an EU context – 2024 edition, Luxembourg: Publications Office of the European Union, ISBN 978-92-68-11724-8, 2024
- [4] Smalley, R., Top ten problems of humanity for next 50 years. Energy and NanoTechnology Conference, Rice University, 2003.
- [5] Visa, I., Comsit, M., Moldovan, M.D., Duta, A., Outdoor simultaneous testing of four types of photovoltaic tracked modules, Journal of Renewable and Sustainable Energy, 6 (3), 033142, 2014
- [6] Visa I., Duta A., Comsit M., Moldovan M., Ciobanu D., Saulescu R., Burduhos B., Design and experimental optimisation of a novel flat plate

solar thermal collector with trapezoidal shape for facades integration, *Applied Thermal Engineering*, 90, 432-443, 2015

[7] Visa I., Duta A., Innovative Solutions for Solar Thermal Systems Implemented in Buildings, *Energy Procedia*, 85, 594-602, 2016

[8] Visa I., Moldovan M., Duta A., Novel triangle flat plate solar thermal collector for facades integration, *Renewable Energy*, 143, 252-262, 2019

[9] Moldovan M., Rusea D., Visa I., Optimising the thickness of the water layer in a triangle solar thermal collector, *Renewable Energy* 173, 381-388, 2021

[10] Moldovan M., Visa I., Development of an indoor testing rig for façade integrated solar thermal collectors, *E3S Web of Conferences*, 85, 04005, 2019

[11] Moldovan M., Visa I., Duta A., Outdoor Performance of Triangle Solar Thermal Collectors for Facades Integration, *Solar Energy Conversion in Communities*, Springer Nature Switzerland, 2020

[12] Visa M., Andronic L., Duta A., Fly ash-TiO₂ nanocomposite material for multi-pollutants wastewater treatment, *Journal of Environmental Management*, 150, 336-343, 2015

[13] Enesca A., Baneto M., Perniu D., Isac L., Bogatu C., Duta A., Solar-activated tandem thin films based on CuInS₂, TiO₂ and SnO₂ in optimized wastewater treatment processes, *Applied Catalysis B: Environmental*, 186, 69-76, 2016

[14] Tismanar I., Obreja C., Buiu O., Duta A., VIS-active TiO₂ – graphene oxide composite thin films for photocatalytic applications, *Applied Surface Science* 538, 2021

[15] Tismanar I., Duta A., Vis-active TiO₂ – g-C₃N₄ photocatalytic coatings for advanced wastewater treatment and self-cleaning applications, *Journal of Engineering Science and Innovation*, 2023

[16] Visa I., Moldovan M.D., Comsit M., Duta A., Improving the Renewable Energy Mix in a Building Towards the Nearly Zero Energy Status, *Energy and Buildings*, 68, 72-78, 2014

[17] Moldovan M.D., Visa I., Neagoe M., Burduhos B., Solar cooling & heating systems to transform low energy buildings in nearly zero energy buildings, *Energy Procedia*, 48, 924- 937, 2014



UNIVERSITATEA TRANSILVANIA DIN BRAȘOV

FACULTATEA DE DESIGN DE PRODUS ȘI MEDIU
DEPARTAMENTUL: DESIGN DE PRODUS, MECATRONICĂ ȘI MEDIU ¹

CENTRUL REGIONAL DE EXCELENȚĂ ÎN
MECATRONICĂ BRAȘOV

¹ B-dul Eroilor, Nr. 29, 500036 Brasov, Romania, www.unitbv.ro

9. Platformă mecatronică pentru educație, formare și cercetare-dezvoltare tehnologică la Universitatea Transilvania din Brașov

Luciana Cristea, Marius Luculescu

Facultatea de Design de produs și mediu a luat ființă în anul 2010 prin reunirea a trei colective cu o istorie îndelungată în universitate și cu performanțe didactice și de cercetare deosebite. Facultatea are în componență Departamentul Design de produs, mecatronică și mediu și coordonează programe de studii moderne, centrate pe dezvoltarea de produse noi și inovative, cu impact redus asupra mediului, și pe pregătirea resurselor umane prin structuri integrate ale celor trei cicluri de studii universitare: licență – masterat - doctorat. În prezent, facultatea coordonează 7 programe de studii de licență, 3 de masterat și oferă programe de doctorat în 5 domenii:

- Programe de studii de licență în 4 domenii: Design Industrial, Design Industrial (în limba engleză), Ingineria Sistemelor de Energii Regenerabile, Ingineria și Protecția Mediului în Industrie, Mecatronică, Optometrie, Inginerie Medicală;
- Programe de studii de masterat în 3 domenii: Design de Produs pentru Dezvoltare Durabilă și Protecția Mediului, Sisteme Mecatronice pentru Industrie și Medicină, Management Integrat de Mediu;
- Conducere de doctorat în domeniile: Inginerie Mecanică (11 conducători de doctorat), Inginerie Industrială (1 conducător de doctorat), Ingineria Materialelor (2 conducători de doctorat), Inginerie și Management (2 conducători de doctorat), Ingineria Mediului (3 conducători de doctorat).

Facultatea oferă și programe postuniversitare în 3 dintre domeniile de competență.

În prezent, cercetarea din facultate se derulează în trei centre de cercetare: Sisteme de Energii Regenerabile și Reciclare, Sisteme Mecatronice Avansate și Designul Elementelor și Sistemelor Mecanice, dar și în cadrul unor colective distincte.

Departamentul de Design de produs, Mecatronică și Mediu, din cadrul Facultății de Design de Produs și Mediu își definește întreaga activitate, bazată pe performanță, în concordanță cu misiunea asumată

prin Carta Universității Transilvania din Brașov *“de a produce și a transfera cunoaștere către societate prin: (1) formare inițială la nivel universitar prin programe de studii de licență, master și doctorat; (2) cercetare științifică avansată, dezvoltare, inovare și transfer tehnologic; (3) programe postuniversitare; (4) dezvoltarea interacțiunii dintre Universitate și societate, în structuri comune și în parteneriate adaptate societății bazate pe cunoaștere”*.

În ceea ce privește activitatea didactică, Departamentul de Design de produs, Mecatronică și Mediu urmărește creșterea calității învățământului tehnic universitar atât de licență cât și de masterat în scopul dezvoltării unui sistem educațional modern, aliniat la standardele europene și puternic ancorat la cerințele pieței muncii prin:

- Asigurarea calității programelor de studii, coordonate de Departamentul Design de produs, Mecatronică și Mediu, la nivelul standardelor și indicatorilor de performanță ARACIS, evaluarea periodică a programelor de studii existente, precum și propunerea și autorizarea de noi programe de studii în conformitate cu cererea pieței muncii.
- Creșterea atractivității și eficientizarea programelor de studii coordonate de Departament prin restructurarea planurilor de învățământ și corelarea conținutului disciplinelor pentru a asigura dezvoltarea de competențe specifice în conformitate cu tendințele europene și necesitățile pieței muncii.
- Armonizarea și întărirea liniilor didactice prin susținerea și dezvoltarea programelor de studii de licență-masterat-doctorat și arondarea acestora la domeniile de doctorat existente în cadrul Departamentului.
- Stabilirea și aplicarea unei strategii eficiente de promovare a programelor de studii.
- Eficientizarea activităților de practică prin consolidarea colaborării cu companii locale și naționale, în profilul programelor de studii, pentru efectuarea și monitorizarea practicii studentești cu participarea și conlucrarea strânsă și activă a părților implicate;
- Stimularea interesului studenților pentru activitatea de cercetare științifică prin pregătirea și integrarea acestora în colectivele de cercetare ale cadrelor didactice, prin reorganizarea cercurilor științifice studentești și prin elaborarea unor tematici ale proiectelor de diplomă și disertație care să includă și activități de cercetare.

- Promovarea relațiilor inter universitare și dezvoltarea de schimburi de studenți pentru studiile de licență, masterat și doctorat atât pe plan național cât și internațional, cu precădere în cadrul programelor de tip Erasmus+.
- Susținerea și dezvoltarea de proiecte care să permită pregătirea de excelență precum și realizarea de prototipuri și modele funcționale în scopul participării studenților programelor de studii coordonate de Departament, la competițiile naționale și internaționale (Formula Student, Zilele Educației Mecatronice, Olimpiada Națională de Mecanisme, Zilele Tehnicii Studențești, Worldskills, Euroskills, Concursul Internațional Studențesc „Ingineria Sistemelor Microelectronice – Sergiu RĂDĂUȚAN – Chișinău ș.a.).

9.1. Componenta formativă

Pornind de la tendințele internaționale, Universitatea Transilvania din Brașov a inițiat studiul Mecatronicii în anul universitar 1991/1992. Acest demers s-a bazat pe progresele înregistrate în acest domeniu pe plan mondial și pe experiența acumulată în peste 30 de ani de instruire a studenților în domeniul Mecanicii Fine. Programul de studii Mecatronică a primit acreditarea oficială în iunie 2001. Încă de la început, acesta a fost conceput ca parte a unui parcurs educațional mai amplu, incluzând și programele de masterat și doctorat.

În prezent, programul de studii Mecatronică este coordonat de Departamentul Design de produs, Mecatronică și Mediu, din cadrul Facultății Design de Produs și Mediu. O atenție deosebită este acordată educației mecatronice, integrării acesteia în domeniul designului de produs și al protecției mediului, precum și promovării principiilor dezvoltării durabile bazată pe sisteme mecatronice.

9.1.1. Mecatronica – un program de licență de succes

Programul de studii Mecatronică are ca obiectiv formarea unor absolvenți capabili să conceapă, proiecteze, exploateze, monitorizeze, întrețină și repare produse și sisteme mecatronice.

O preocupare constantă este actualizarea planului de învățământ și alinierea conținutului disciplinelor la tendințele europene și cerințele pieței muncii. Materiile de studiu sunt organizate logic, astfel încât să definească clar atât competențele profesionale, cât și cele transversale,

asigurând compatibilitatea cu Cadrul Național al Calificărilor și cu programele similare din Uniunea Europeană și alte regiuni ale lumii.

Competențele și cunoștințele dobândite în cadrul programului oferă absolvenților multiple oportunități de angajare în domeniul mecatronicii, dezvoltarea unei afaceri proprii, precum și continuarea studiilor universitare sau perfecționarea continuă pe tot parcursul vieții.

9.1.2. Sisteme Mecatronice pentru Industrie și Medicină – Continuarea studiilor prin masterat

Programul de studii de masterat *Sisteme Mecatronice pentru Industrie și Medicină (SMIM)* urmărește aprofundarea cunoștințelor în domeniul ingineriei mecatronice, aliniindu-se tendințelor tehnologice moderne. Acesta îmbină sinergic mecanica de precizie, sistemele electronice de comandă și control, precum și informatica, având ca scop dezvoltarea, implementarea și operarea sistemelor automate inteligente.

Programul de masterat oferă oportunități avansate de formare pentru absolvenții din domenii precum Mecatronică și Robotică, Optometrie sau Inginerie Medicală. Obiectivul principal este dezvoltarea de specialiști capabili să soluționeze probleme ingineresti diverse, cu o adaptabilitate ridicată în industrie, cercetare și dezvoltare de noi produse.

Programul de studii de masterat *Sisteme Mecatronice pentru Industrie și Medicină* este structurat în conformitate cu standardele naționale și europene, fiind aliniat cu programele similare din Uniunea Europeană. Acesta este coordonat de Departamentul Design de produs, Mecatronică și Mediu, din cadrul Facultății Design de Produs și Mediu.

Programul de masterat se desfășoară pe parcursul a patru semestre și este organizat pe un trunchi comun și două direcții opționale:

Traseu opțional - Sisteme mecatronice pentru industrie;

Traseu opțional - Sisteme mecatronice în medicină și optometrie.

În *primul an de studii*, toți studenții urmează un set comun de discipline, discipline prin care se oferă competențele sistemice generale fundamentale specifice ciclului de studii de masterat.

Structura programului de masterat este prezentat în figura 9.1:

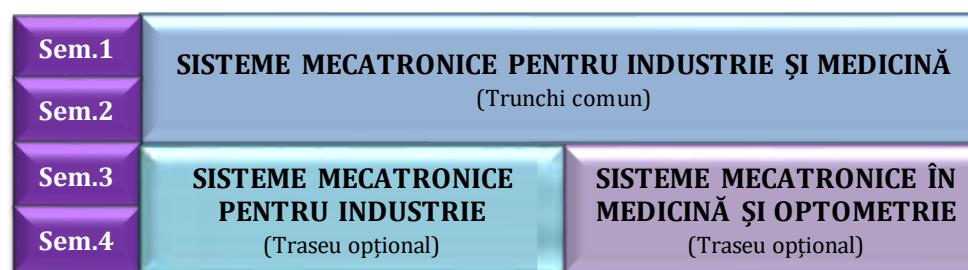


Fig. 9.1. Structura programului de masterat SMIM

Începând cu *semestrul al treilea*, traseul didactic se ramifică în două direcții opționale distincte, permițând studenților să aleagă varianta dorită care să le asigure competențe specifice aplicațiilor sistemelor mecatronice industriale sau din medicină.

Structura cursurilor include pe deoparte cursuri destinate aprofundării cunoștințelor dobândite în cadrul pregătirii de licență, cursuri cu orientare verticală, și cursuri orientate pe orizontală, cursuri interdisciplinare, menite să dezvolte competențe sistemice specifice studiilor de masterat.

9.2. Baza materială

Atât programul de studii de licență Mecatronică cât și programul de studii de masterat Sisteme Mecatronice pentru Industrie și Medicină dispun de o infrastructură modernă, aliniată la cele mai noi standarde, oferind studenților condiții excelente de pregătire. Departamentul beneficiază de laboratoare multidisciplinare dotate cu echipamente performante. O prezentare detaliată a principalelor elemente ale bazei materiale a fost făcută în capitolul 8 al lucrării Platforma Națională de Mecatronică -Fundamentul programelor educaționale și de formare continuă în societatea cunoașterii, apărută în anul 2016 la Editura UTPRESS, Cluj-Napoca.

În conformitate cu strategia Universității Transilvania din Brașov de a moderniza permanent infrastructura didactică și cea de cercetare, în anul 2020, a fost realizată Baza didactică multidisciplinară pentru pregătirea de excelență în domeniul modelării, prototipării și programării sistemelor mecatronice. Laboratorul pentru studiul, prototiparea și programarea sistemelor mecatronice asigură cadrul pentru formarea de competențe și expertiză studenților de la programele

de studii de licență Mecatronică și Inginerie medicală, dar și celor de la programul de studii de masterat Sisteme mecatronice pentru industrie și medicină în utilizarea și proiectarea sistemelor mecatronice cu diverse aplicații, dar și pentru activități de pregătire extra curriculare din cadrul Clubului de creativitate studențească CreaTRON.

Laboratorul are în componență standuri multifuncționale pentru studiul și programarea sistemelor mecatronice și stații modulare pentru prototiparea sistemelor mecatronice. Fiecare stand a fost conceput în așa fel încât abilitățile și cunoștințele să fie dobândite treptat, pas cu pas, de la simplu la complex.

Echipamentele existente în dotarea acestui laborator fac posibilă și pregătirea studenților pentru participarea la competiții naționale și internaționale în domeniul Mecatronicii. Ca urmare a acestei pregătiri, studenții mecatroniști au obținut rezultate notabile la concursurile naționale organizate sub egida *Zilelor educației mecatronice* și la concursurile internaționale: Concursul Internațional Studențesc „*Ingineria Sistemelor Microelectronice – SERGIU RĂDĂUȚAN*”, EuroSkills și WorldSkills.

9.2.1. Bază didactică multidisciplinară pentru pregătirea de excelență în domeniul modelării, prototipării și programării sistemelor mecatronice

Echipamentele de lucru promovează munca în echipă și permit configurări și reconfigurări în concordanță cu diverse aplicații, dar și dezvoltarea de strategii și concepte de control în sisteme mecatronice integrate. Sunt acoperite următoarele domenii de interes: studiul sistemelor mecatronice, simularea proceselor mecatronice, programarea PLC-urilor, elemente de senzorică, sisteme de manipulare și asamblare, precum și sisteme de măsurare și monitorizare a parametrilor proceselor.

Echipamentele permit configurarea următoarelor categorii de standuri:

1. Stand pentru studiul componentelor pneumatice și electropneumatice ale sistemelor mecatronice
2. Stand pentru studiul senzorilor din sistemelor mecatronice
3. Stand pentru studiul modulelor HMI (Human Machine Interface)
4. Stand pentru studiul componentelor electrice ale sistemelor mecatronice
5. Stand pentru programarea sistemelor mecatronice cu automate programabile SIEMENS S7-1200

6. Stand pentru programarea sistemelor mecatronice cu automate programabile SIEMENS S7-1500
7. Stand pentru programarea sistemelor mecatronice cu automate programabile FESTO FEC FC-640
9. Stand pentru simularea aplicațiilor sistemelor mecatronice
9. Stand pentru extragerea și manipularea reperelor cilindrice
10. Stand pentru extragerea, identificarea și transferul reperelor cilindrice
11. Stand pentru asamblarea reperelor cilindrice
12. Stand pentru controlul și sortarea reperelor cilindrice

9.2.1.1. Stand pentru studiul componentelor pneumatice și electropneumatice ale sistemelor mecatronice

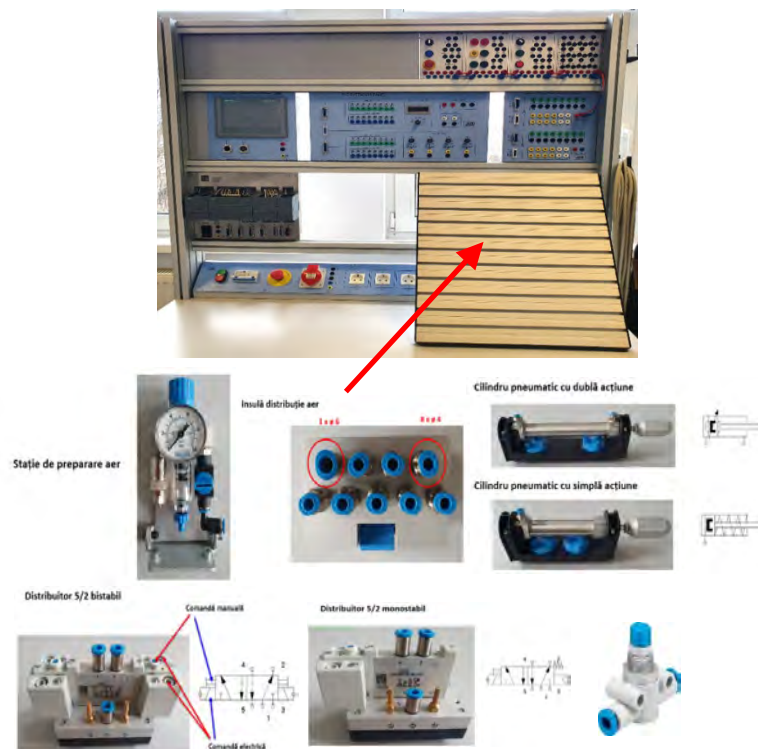


Fig. 9.2. Stand pentru studiul componentelor pneumatice și electropneumatice ale sistemelor mecatronice

Acest stand asigură studiul principalelor componente pneumatice și electropneumatice utilizate în componența sistemelor mecatronice: cilindri pneumatici liniari cu simplă și cu dublă acțiune, distribuitoare monostabile și bistabile, drosele de cale și filtre reglatoare de presiune. Componentele pneumatice se montează pe planșa din aliaj de aluminiu prin intermediul unor suporturi de fixare.

Standul conține:

- Cilindri pneumatici liniari - 1 cilindru cu simplă acțiune și 2 cilindri cu dublă acțiune,
- Distribuitoare – 1 distribuitor 5/2 monostabil cu bobină și LED și 2 distribuitoare 5/2 bistabile, cu bobină și LED,
- Drosele de cale,
- Ramificator pentru aer comprimat o intrare și 8 ieșiri,
- Filtru regulator de presiune cu robinet 3/2,
- Furtun pneumatic de plastic Ø4, Ø6,
- T-uri și Y-uri de 4, 6,
- Dopuri.

9.2.1.2. Stand pentru studiul senzorilor din sistemelor mecatronice

Acest stand asigură studiul diverselor tipuri de senzori utilizați în construcția sistemelor mecatronice: senzorilor de proximitate magnetici REED, senzori de proximitate inductiv, senzori de proximitate capacitiv, senzori de proximitate optici, limitatori de tip contact electric și senzori de presiune.

Senzorii dispun de suporturi de fixare pe placă/ cilindri și conectori de 4mm.

Standul conține:

- Senzor de proximitate magnetic REED cu prindere pe cilindru rotund – 2 buc,
- Senzor de proximitate inductiv - 1 buc,
- Senzor de proximitate capacitiv - 1 buc,
- Senzor de proximitate optic - 1 buc,
- Limitator de tip contact electric - 2 buc,
- Senzor de presiune - 1 buc.

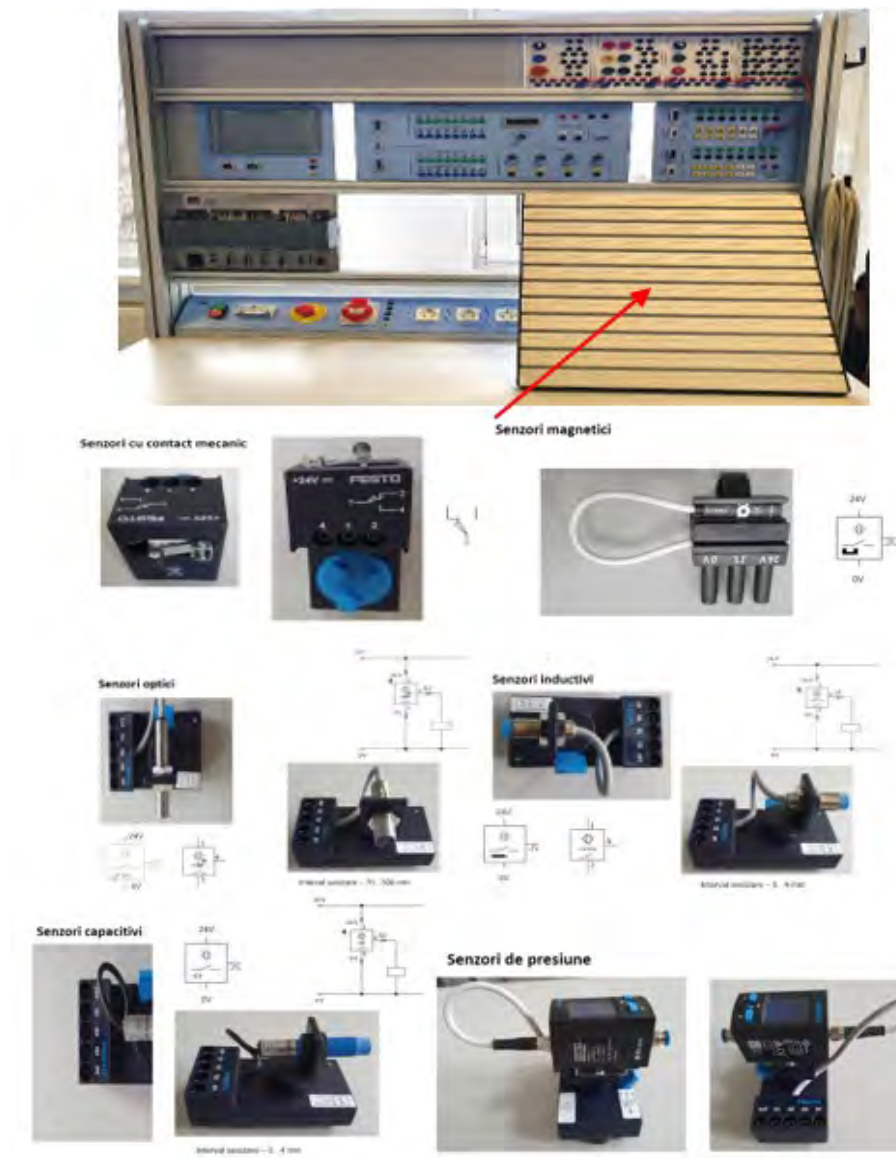


Fig. 9.3. Stand pentru studiul senzorilor din sistemelor mecatronice

9.2.1.3. Stand pentru studiul modulelor HMI (Human Machine Interface)

Standul permite studiul modulelor de tip HMI (Human Machine Interface). Modulul HMI existent a fost integrat în panou de compania ASTI.

Conține:

- Modul Siemens Simatic HMI KTP700 BASIC COLOR PN, funcționalitate tactilă și cu taste (8 taste disponibile), afișaj LCD-TFT de 7", rezoluție 800 x 480, 65536 culori, interfețe PROFIBUS, USB.

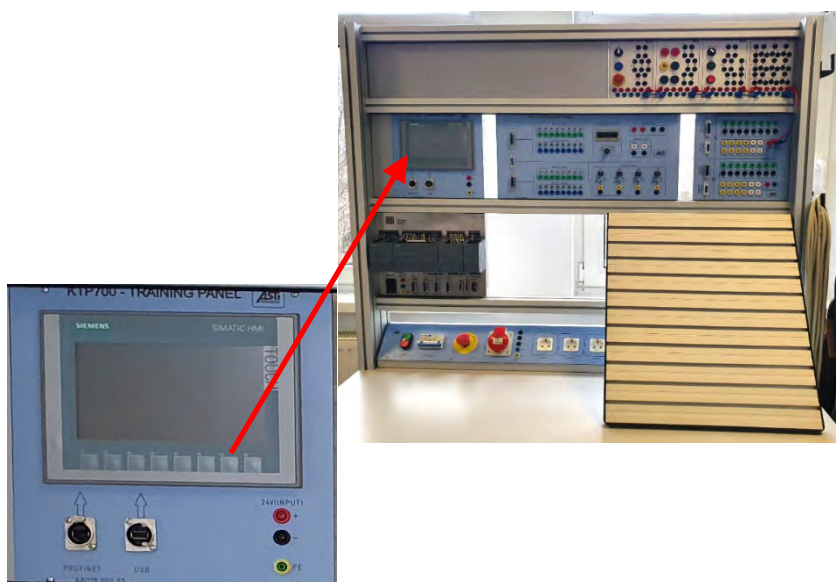


Fig. 9.4. Stand pentru studiul modulelor HMI (Human Machine Interface)

9.2.1.4. Stand pentru studiul componentelor electrice ale sistemelor mecatronice

Acest stand asigură studiul diverselor componente electrice ale sistemelor mecatronice.

Componentele electrice sunt amplasate în cutii dispuse în partea superioară a standului multifuncțional. Conectarea acestora se face prin cabluri cu mufe de tip banană, izolate, de 4mm.

Standul conține:

- *Cutie butoane de comandă* - 1 buc care cuprinde conexiuni de alimentare, 2 butoane cu revenire și lampă încorporată (START, STOP, configurabile - normal deschis/ normal închis) și un comutator cu două poziții (Manual/Automat), cu posibilitate de comandă a lămpilor.

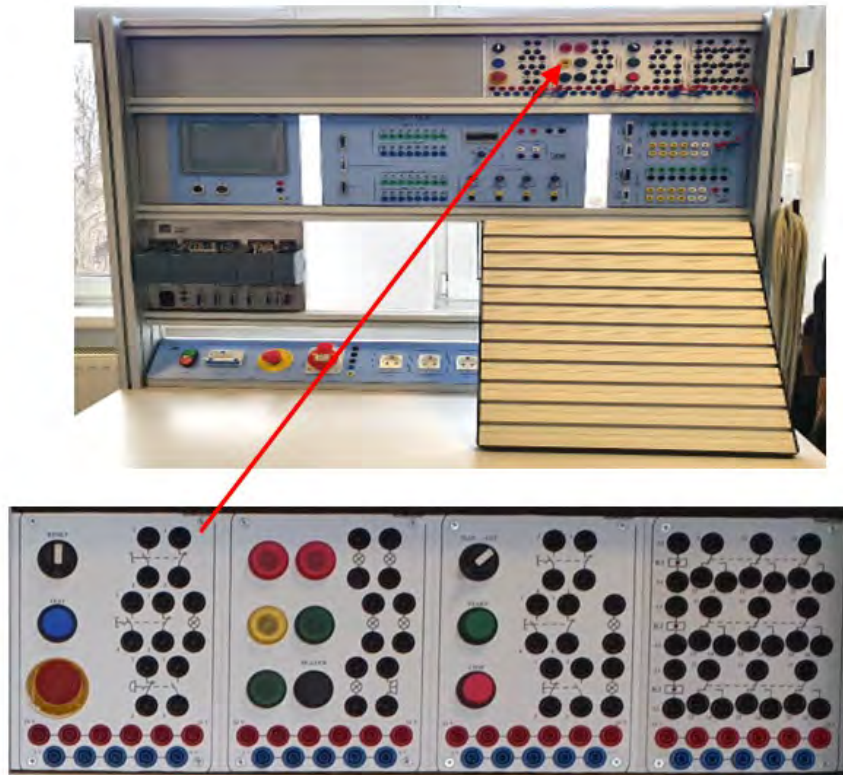


Fig. 9.5. Stand pentru studiul componentelor electrice ale sistemelor mecatronice

- *Cutie buton STOP de urgență* - 1 buc care cuprinde conexiuni de alimentare, 1 buton de siguranță de tip ciupercă - STOP de urgență, un buton cu menținere și lampă încorporată ce poate fi comandată (TEST, configurabil - normal deschis/ normal închis), un comutator cu revenire (RESET).
- *Cutie cu indicatoare electrice* - 1 buc care cuprinde conexiuni de alimentare, 2 lămpi de culoare roșie, 2 verzi, una galbenă și un buzzer.

- *Cutie cu releu* – 1 buc care cuprinde 3 releu electromecanice. Fiecare releu conține câte trei contacte electrice basculante. Cele trei contacte basculante sunt conectate mecanic între ele. Fiecare bobină de releu conține câte un LED.

9.2.1.5. Stand pentru programarea sistemelor mecatronice cu automate programabile SIEMENS S7-1200

Acest stand asigură instruirea în domeniul programării sistemelor mecatronice cu automate programabile Siemens S7-1200.

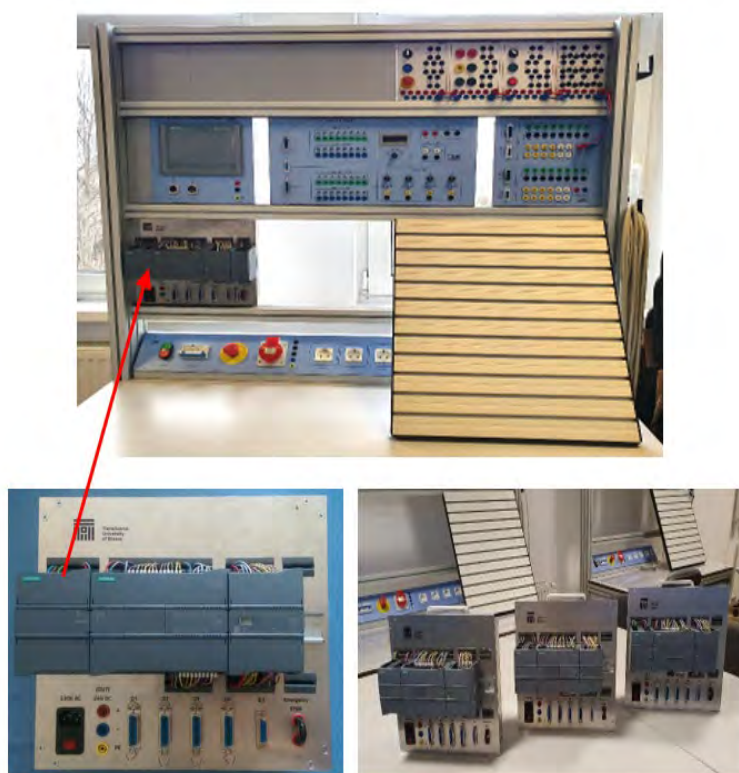


Fig. 9.6. Stand pentru programarea sistemelor mecatronice cu automate programabile SIEMENS S7-1200

Panoul cu automat programabil Siemens S7-1200 a fost proiectat și realizat de autori.

Standul conține:

- Automat programabil Siemens S7-1215C DC/DC/DC, 6ES7 215-1AG40-0XB0, 14 DI, 10 DQ, 2 AI, 2 AQ, 24 VDC,
- Modul de I/O digitale SM 1223 DC/RLY, 6ES7 223-1PL32-0XB0, 16 DI, 16 DQ,
- Sursa de alimentare PM 1207, 6EP1332-1SH71, 24V, 2.5A,
- 4 conectori Syslink: D1 – 8 DI, 8DQ (PLC); D2 – 6DI, 2DQ (PLC); D3 – 8 DI, 8DQ (SM 1223); D4 – 8 DI, 8DQ (SM 1223),
- 1 conector D-SUB: 2 AI, 2 AQ (PLC),
- Conector Emergency Stop.

Panoul cu automat programabil Siemens S7-1200 se conectează prin intermediul cablurilor Syslink (digital) și respectiv analogic, la panoul de simulare, respectiv la panoul de extensie. La aceste panouri pot fi conectate, prin cabluri cu conectori de tip banană, izolate, de 4mm, diverse componente de pe planșa din aliaj de aluminiu sau componentele din cadrul cutiilor din partea superioară a standului, în vederea dezvoltării de aplicații programate în TIA Portal.

9.2.1.6. Stand pentru programarea sistemelor mecatronice cu automate programabile SIEMENS S7-1500

Acest stand asigură instruirea în domeniul programării sistemelor mecatronice cu automate programabile Siemens S7-1500.

Panoul cu automat programabil Siemens S7-1500 a fost realizat de compania ASTI pe baza cerințelor autorilor.

Standul conține:

- Automat programabil Siemens SIMATIC S7 1500 Compact CPU, CPU 1512C 1 PN, 32 DI, 32 DQ, 5 AI, 2 AO, cod produs 6ES7512-1CK01-0AB0,
- Sursa de alimentare SIMATIC PM 1507 24 V/8 A (stabilized power supply for SIMATIC S7 1500), input: 120/230 V AC, output: 24 V DC/8 A, cod produs 6EP1333-4BA00,
- 4 conectori Syslink: A1 – 8 DI, 8DQ; B1 – 8 DI, 8DQ; A2 – 8 DI, 8DQ; B2 – 8 DI, 8DQ,
- 2 conectori D-SUB: C1 - 2 AI, 2 AQ; C2 - 2 AI,
- Conector Emergency Stop.

Panoul cu automat programabil Siemens S7-1500 se conectează prin intermediul cablurilor Syslink (digital) și respectiv analogic, la panoul de simulare, respectiv la panoul de extensie. La aceste panouri pot fi conectate, prin cabluri cu conectori de tip banană, izolate, de 4mm, diverse componente de pe planșa din aliaj de aluminiu sau componentele

din cadrul cutiilor din partea superioară a standului, în vederea dezvoltării de aplicații programate în TIA Portal.

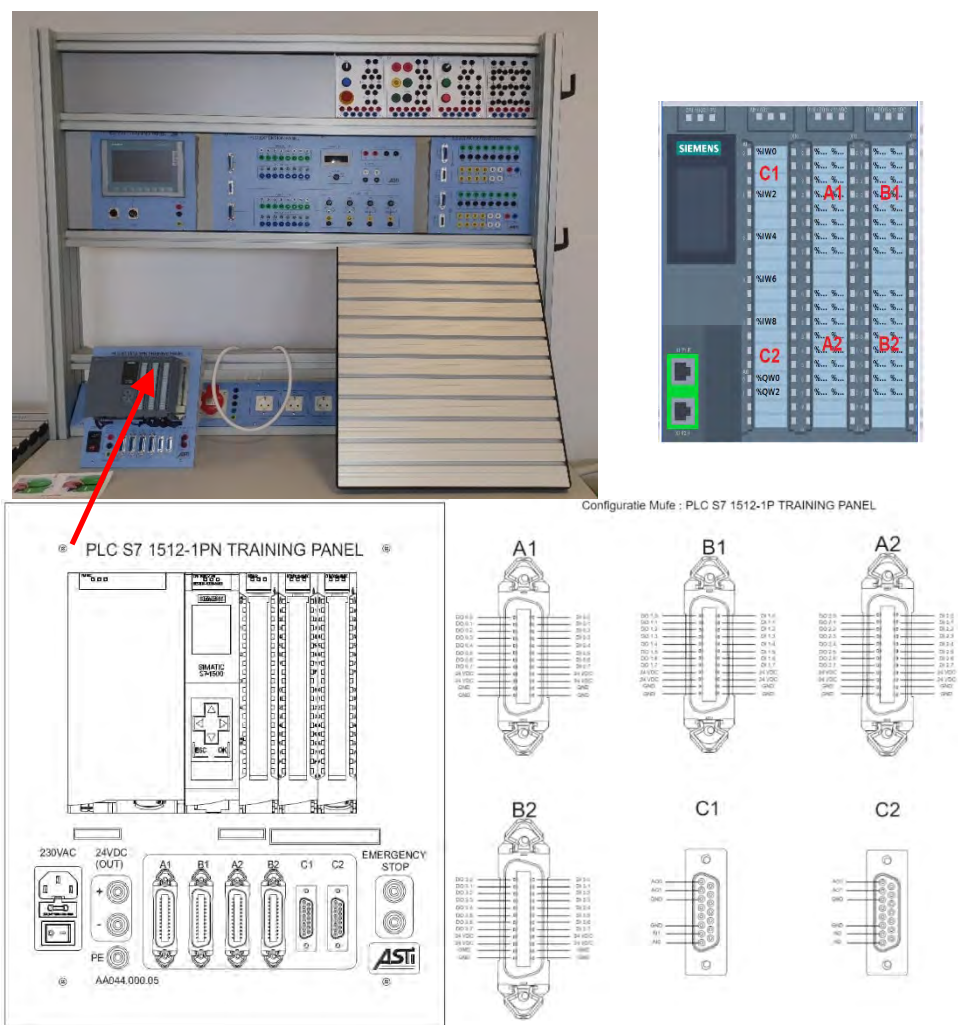


Fig. 9.7. Stand pentru programarea sistemelor mecatronice cu automate programabile SIEMENS S7-1500

9.2.1.7. Stand pentru programarea sistemelor mecatronice cu automate programabile FESTO FEC FC-640

Acest stand asigură instruirea în domeniul programării sistemelor mecatronice cu automate programabile FESTO FEC FC-640. Panoul cu automat programabil FESTO FEC FC-640 este furnizat de compania FESTO.

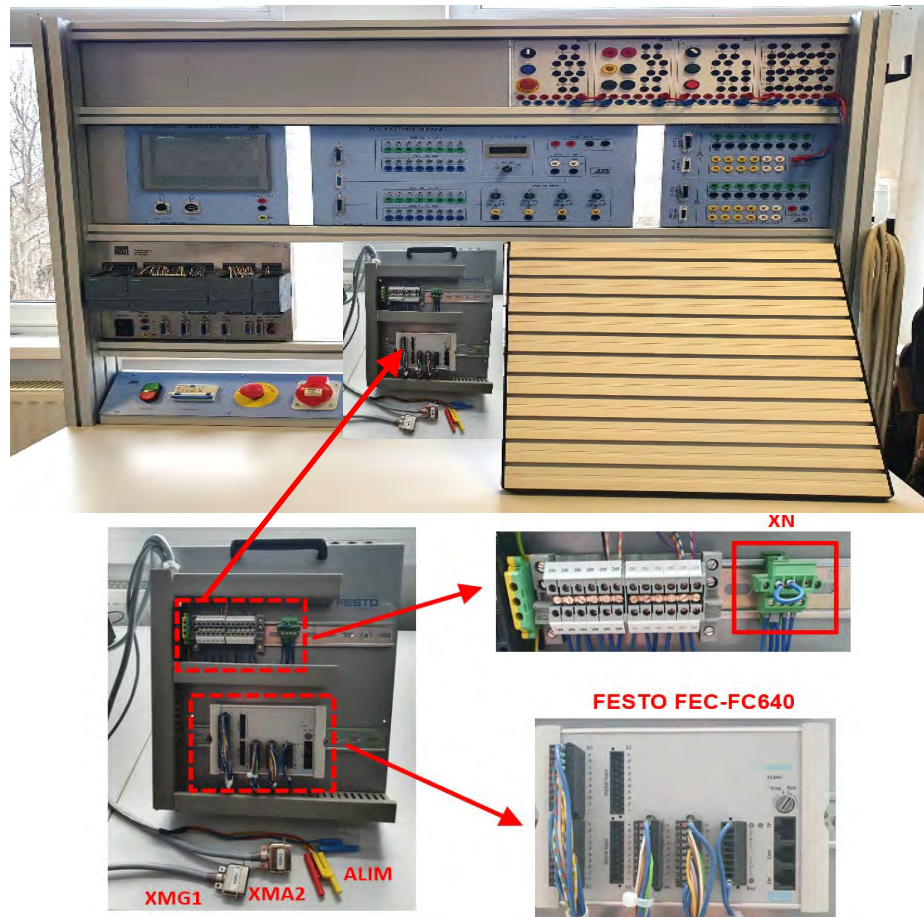


Fig. 9.8. Stand pentru programarea sistemelor mecatronice cu automate programabile FESTO FEC FC-640

Standul conține:

- Automat programabil FESTO FEC FC-640, 32 DI, 16 DQ, 24 VDC,
- 2 conectori Syslink: D1 – 8 DI, 8DQ (PLC); D2 – 6DI, 2DQ (PLC),
- Conector Emergency Stop.

Panoul cu automat programabil Siemens S7-1200 se conectează prin intermediul cablurilor Syslink (digital) și respectiv analogic, la panoul de simulare, respectiv la panoul de extensie. La aceste panouri pot fi conectate, prin cabluri cu conectori de tip banană, izolate, de 4mm, diverse componente de pe planșa din aliaj de aluminiu sau componentele din cadrul cutiilor din partea superioară a standului, în vederea dezvoltării de aplicații programate în Festo FST.

9.2.1.8. Stand pentru simularea aplicațiilor sistemelor mecatronice

Standul permite simularea diverselor aplicații ale sistemelor mecatronice. Panoul de extensie pentru simularea aplicațiilor sistemelor mecatronice a fost realizat de compania ASTI.

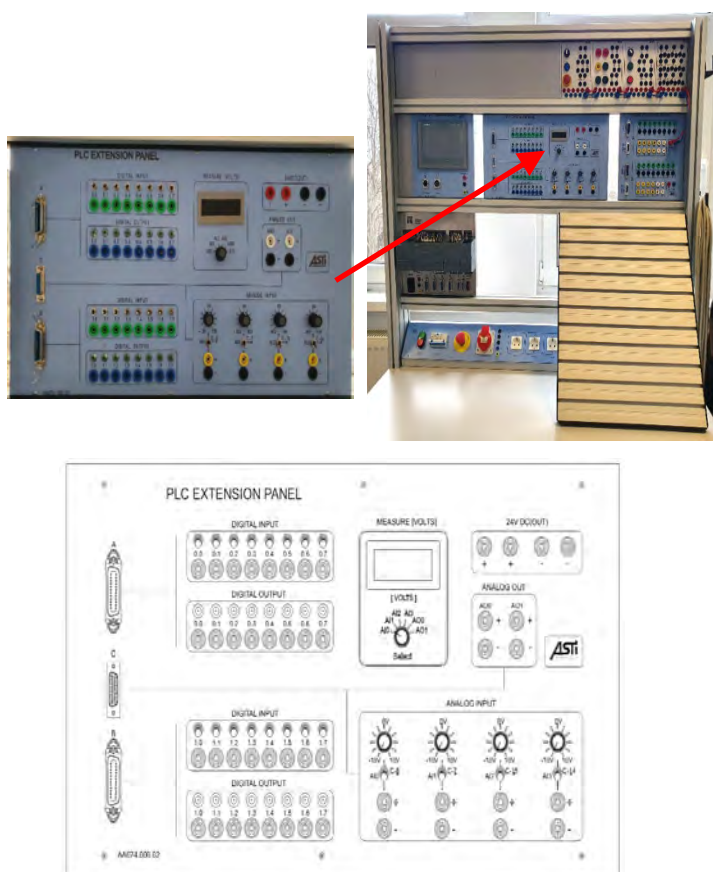


Fig. 9.9. Stand pentru simularea aplicațiilor sistemelor mecatronice

Conține:

- 16 întrerupătoare cu 3 stări (reținere/ neutru/ revenire) pentru simularea stării intrărilor digitale și 16 conexiuni cu mufe de siguranță de 4 mm, mamă, pentru conectarea semnalelor externe aferente intrărilor digitale,
- 16 conexiuni cu mufe de siguranță de 4 mm, mamă, pentru conectarea ieșirilor digitale și LED-uri de stare pentru acestea,
- 4 potențiometre pentru simularea intrărilor canalului analogic în domeniul -10V DC...+10V DC,
- 4 comutatoare ON/ON/ON pentru selectarea sursei analogice de intrare AI (simulate prin potențiometru/ conector analogic Syslink/ prize de siguranță de 4 mm),
- 4 perechi de conexiuni cu mufe de siguranță de 4 mm pentru semnale AI externe,
- 2 perechi de conexiuni cu mufe de siguranță de 4 mm pentru semnale AO,
- 2 perechi de conexiuni cu mufe de siguranță de 4 mm pentru alimentarea echipamentelor externe prin ieșire de 24 VDC,
- 2 x conectori digitali SYSLINK pentru DI/DO (A, B),
- 1 x conector analogic D-SUB (DB15) pentru AI/AO (C),
- Afișaj cu 7 segmente pentru vizualizarea semnalelor AI/AO și comutator cu mai multe poziții pentru selecția AI/AO.

9.2.1.9. Stand pentru extragerea și manipularea reperelor cilindrice

Standul are în componență:

- o magazie verticală din care sunt extrase piese de tip cilindric, metalice sau din material plastic de culoare roșie sau neagră. Extragerea se face cu ajutorul unui cilindru pneumatic comandat de un distribuitor monostabil. Piesa extrasă este sesizată cu ajutorul unui senzor optic, a cărui activare va genera o comandă a brațului manipulator.
- Brațul manipulator comandat electric de un controller va poziționa deasupra piesei un gripper pneumatic care va coborî, o va prinde, o va ridica de pe suport și o va transporta fie în vederea depunerii pe unul din cele 2 jgheaburi, fie către o stație următoare.



Fig. 9.10. Stand pentru extragerea și manipularea reperelor cilindrice

Stația este asamblată mecanic, electric și pneumatic de către studenți. Programele de funcționare se pot implementa pe automate programabile SIEMENS, iar pentru generarea comenzilor și afișarea parametrilor de stare se folosește un HMI SIEMENS Simatic KTP700.

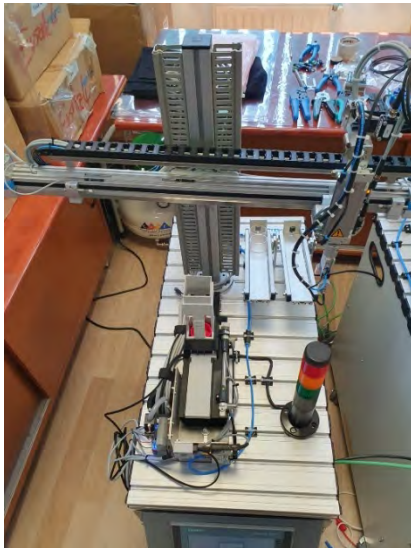


Fig. 9.11. Stand pentru extragerea și manipularea reperelor cilindrice –
elemente componente

9.2.1.10. Stand pentru extragerea, identificarea și transferul reperelor cilindrice

Standul are în componență:

- 3 magazii verticale din care sunt extrase piese de tip cilindric, metalice sau din material plastic de culoare roșie sau neagră. Extragerea se face cu ajutorul unor cilindri pneumatici comandați de distribuitoare monostabile.
- O bandă transportoare pe care sunt depuse piesele extrase și care le poate deplasa spre stânga sau spre dreapta
- Un portal de senzori pentru detectarea tipului de piesă (senzor de tip barieră optică, senzor inductiv, senzor optic pentru identificarea pieselor din material plastic roșu, senzor de distanță).

Stația este asamblată mecanic, electric și pneumatic de către studenți. Programele de funcționare se pot implementa pe automate programabile SIEMENS, iar pentru generarea comenzilor și afișarea parametrilor de stare se folosește un HMI SIEMENS Simatic KTP700.

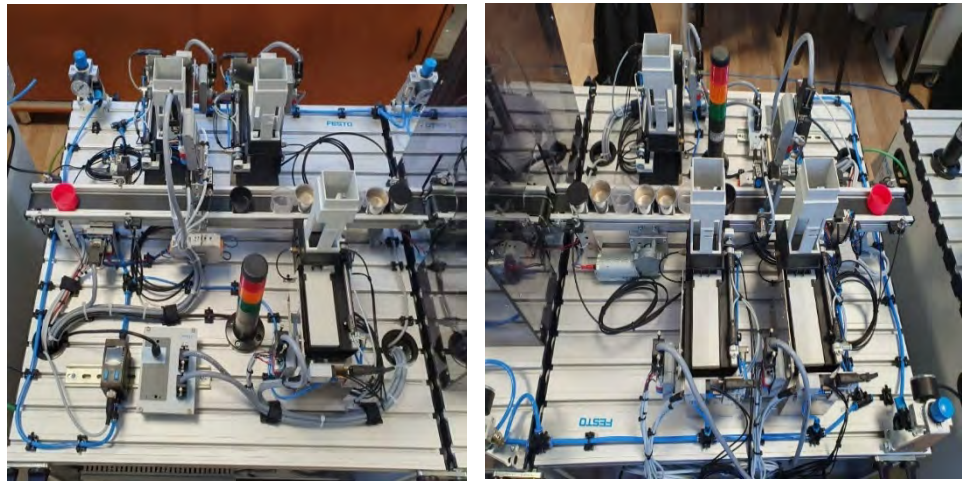


Fig. 9.12. Stand pentru extragerea, identificarea și transferul reperelor cilindrice

9.2.1.11. Stand pentru asamblarea reperelor cilindrice

Standul are în componență:

- Un sistem de tip „pick and place” pentru preluarea cu vacuum a unor repere de tip capac și asamblarea lor în reperele de tip cilindric sosite pe banda transportoare
- 2 benzi transportoare dispuse perpendicular, una pe care sosesc capacele și una pe care sosesc piesele cărora trebuie să li se pună capace
- O tabletă pe care este implementată interfața programului de funcționare

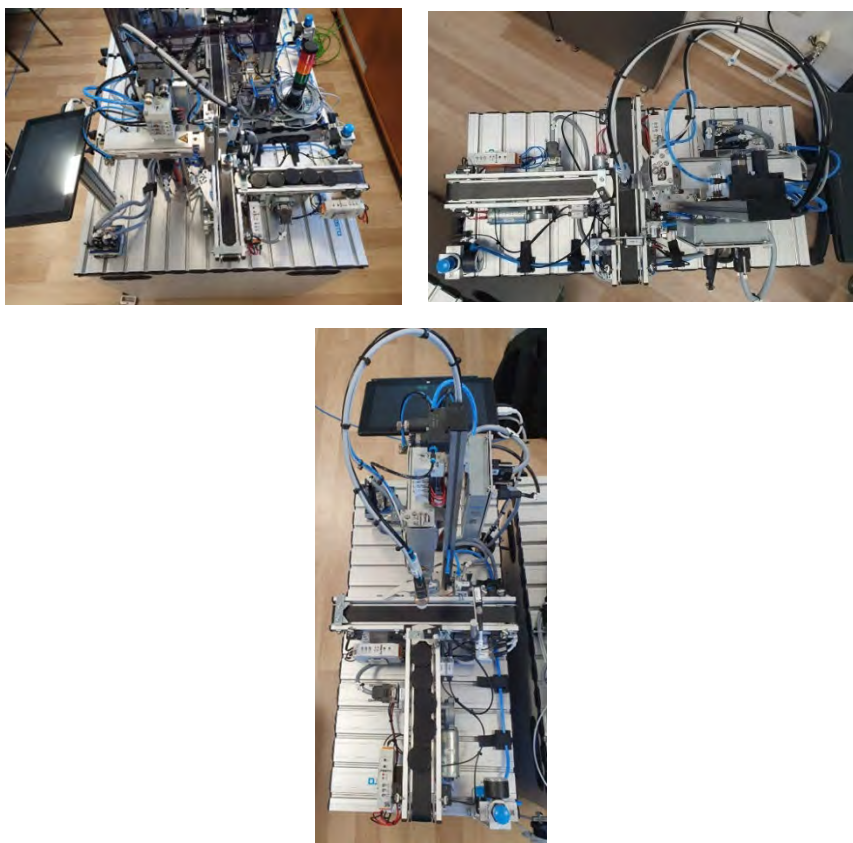


Fig. 9.13. Stand pentru asamblarea reperelor cilindrice-
detalii asamblare

9.2.1.12. Stand pentru controlul și sortarea reperelor cilindrice

Standul are în componență:

- O incintă cu cameră video sincronizată cu un sistem de iluminare cu LED-uri în vederea controlului reperelor cilindrice. Se identifică orientarea acestora și dacă aceste repere conțin sau nu chip RFID.
- O bandă transportoare care preia piesele de la stația anterioară și le deplasează prin incinta camerei
- Un sistem de sortare care poate fi programat să elimine anumite tipuri de piese de pe banda transportoare, depozitându-le pe un jgheab
- Un bloc de lumini pentru semnalizarea etapelor de funcționare și a eventualelor erori.

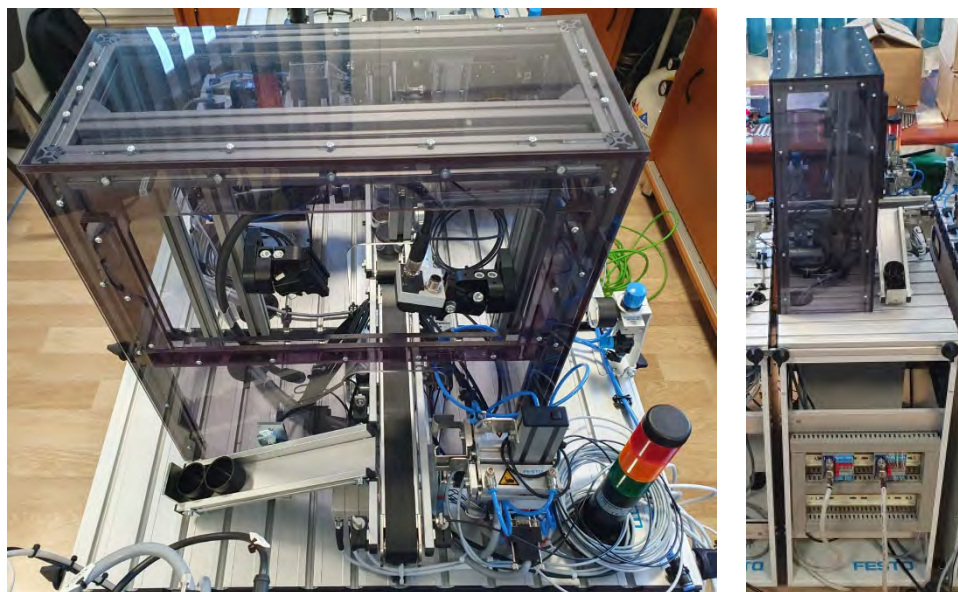


Fig. 9.14. Stand pentru controlul și sortarea reperelor cilindrice

Stația este asamblată mecanic, electric și pneumatic de către studenți. Programele de funcționare se pot implementa pe automate programabile SIEMENS, iar pentru generarea comenzilor și afișarea parametrilor de stare se folosește un HMI SIEMENS Simatic KTP700.

9.3. Zilele Educației Mecatronice – Tradiție, Inovație și Excelență Academică

Zilele Educației Mecatronice (ZEM) reprezintă un eveniment de referință în domeniul mecatronicii din România, reunind studenți și profesori din universitățile care asigură pregătire de excelență în Mecatronică.

Organizată anual, această manifestare oferă studenților oportunitatea de a-și demonstra competențele tehnice, de a concura cu echipe din întreaga țară și de a interacționa cu specialiști din industrie și mediul academic. Totodată, pentru cadrele didactice, ZEM este un cadru ideal pentru schimb de experiențe și promovarea excelenței educaționale.

ZEM a fost inițiat în anul 2010 de către Universitatea Transilvania din Brașov, având ca scop crearea unui cadru competițional pentru studenții pasionați de mecatronică. De-a lungul anilor, evenimentul a fost găzduit de diverse centre universitare din țară, printre care:

- 2010 - Universitatea Transilvania din Brașov
- 2011 - Universitatea Politehnica Timișoara
- 2012 - Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
- 2013 - Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați
- 2014 - Universitatea Politehnica din București
- 2015 - Universitatea din Craiova
- 2016 - Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași
- 2017 - Universitatea Transilvania din Brașov
- 2018 - Universitatea Lucian Blaga din Sibiu
- 2019 - Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
- 2023 - Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca
- 2024 - Universitatea Națională de Știință și Tehnologie
POLITEHNICA București
- 2025 - Universitatea din Craiova.

Acest circuit itinerant a contribuit la dezvoltarea unei comunități academice puternice, fiecare ediție aducând noi provocări, inovații și perspective asupra domeniului mecatronicii.

Pentru studenți, ZEM reprezintă mai mult decât un simplu concurs. Este o oportunitate unicat de a pune în practică cunoștințele teoretice acumulate în timpul studiilor, de a experimenta munca în echipă și de a-și testa creativitatea în fața unor provocări reale.

Competițiile includ diverse secțiuni, precum:

- *Sisteme mecatronice industriale*: Asamblarea, calibrarea, punerea în funcțiune, identificarea și remedierea defecțiunilor, precum și programarea funcționalității unui sistem mecatronic industrial conform cerințelor impuse de comisia concursului.
- *Roboți mobili – Line-Follower*: Proiectarea și realizarea de roboți capabili să urmeze autonom o linie trasată, demonstrând precizie și viteză.
- *Roboți mobili – Mini Sumo*: Construirea și programarea de roboți care să participe în competiții de tip Sumo, unde scopul este eliminarea adversarului din ring.
- *Sisteme mecatronice de zbor fără pilot*: Proiectarea, realizarea și programarea unor sisteme mecatronice avansate, cu control autonom sau teleoperare, de tip UAV.
- *Realizări în domeniul mecatronicii*: Prezentarea de proiecte și inovații dezvoltate de studenți în domeniul mecatronicii, evidențiind creativitatea și aplicabilitatea practică.
- *Realizări în domeniul mecatronicii–Aplicații Matlab*: Demonstrarea utilizării mediului de programare Matlab în dezvoltarea și simularea de sisteme mecatronice.

Zilele educației mecatronice reprezintă un loc unde ideile prind contur, unde studenții întâlnesc viitorii colegi de industrie și unde își pot face prieteni cu aceleași preocupări. Fie că este vorba de proiectarea unui robot autonom, programarea unui sistem inteligent sau dezvoltarea unui prototip mecatronic inovator, ZEM oferă studenților șansa de a testa și pune în valoare cunoștințele într-un cadru competitiv și stimulat.

Pentru cadrele didactice, ZEM este o platformă esențială de mentorat și colaborare. Profesorii nu doar încurajează și ghidează studenții în dezvoltarea proiectelor lor, ci și participă la sesiuni de schimb de experiențe, discuții academice și colaborări inter universitare.

Zilele educației mecatronice contribuie la promovarea universităților participante, demonstrând nivelul ridicat de pregătire al studenților și calitatea actului educațional.

An de an, la acest eveniment au participat universități de prestigiu din România: Universitatea Transilvania din Brașov, Universitatea Națională de Știință și Tehnologie POLITEHNICA București, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca, Universitatea din Craiova, Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați, Universitatea Tehnică

"Gheorghe Asachi" din Iași, Universitatea din Oradea, Universitatea "Lucian Blaga" din Sibiu, Universitatea "Ștefan cel Mare" din Suceava și Universitatea Politehnica Timișoara, iar din anul 2025, Universitatea Vasile Alecsandri din Bacău, Universitatea Sapienția Tg Mureș, Universitatea Tehnica din Chișinău și Academia Forțelor Aeriene - instituție invitată în afara concursului.

Alături de mediul universitar, la această manifestare mai participă și companii renumite care desfășoară activități din domeniul mecatronic sau conexe domeniului mecatronic, institute de cercetare, asociații profesionale și instituții locale.

Participarea la ZEM le oferă studenților nu doar recunoaștere academică, ci și oportunitatea de a fi observați de companii din industrie, creând astfel legături valoroase pentru viitoarea lor carieră.

Multe echipe vin cu proiecte care pot deveni viitoare start-up-uri, iar companiile prezente la eveniment sunt mereu în căutare de tineri talentați.

Zilele Educației Mecatronice au devenit un reper fundamental în formarea inginerilor din domeniul mecatronicii din România. Prin promovarea excelenței, stimularea creativității și facilitarea colaborării în mediul academic și industrial, ZEM contribuie semnificativ la dezvoltarea acestui domeniu dinamic.

Cu fiecare ediție, evenimentul continuă să inspire generații de studenți și profesori, demonstrând că pasiunea pentru tehnologie și inovație nu cunoaște limite.

Se poate spune că Zilele Educației Mecatronice (ZEM) sunt o celebrare a inovației, a colaborării și a excelenței academice în domeniul mecatronicii

PLATFORMA NAȚIONALĂ DE MECATRONICĂ



UNIVERSITATEA NAȚIONALĂ DE ȘTIINȚĂ ȘI TEHNOLOGIE POLITEHNICA BUCUREȘTI

FACULTATEA DE INGINERIE MECANICĂ ȘI MECATRONICĂ
DEPARTAMENTUL DE MECATRONICĂ ȘI MECANICĂ DE PRECIZIE¹

**CENTRUL REGIONAL DE EXCELENȚĂ ÎN
MECATRONICĂ BUCUREȘTI**

¹ Splaiul Independenței, Nr. 313, Corp CH, Et. I, C105, Tel. 021-4029115, București, 060042, Romania
<http://www.mecatronica.pub.ro>

10. Excelența în educație și cercetare mecatronică la Universitatea Națională de Știință și Tehnologie Politehnica București

*Constantin Nițu, Bogdan Grănescu,
Adrian Laurențiu Cartal, Victor Florin Constantin*

Notă de început: în anul 2023 s-a semnat acordul de fuziune între Universitatea Politehnica din București și Universitatea din Pitești. Noua structură poartă numele Universitatea Națională de Știință și Tehnologie Politehnica București, continuând să ofere educație de înaltă calitate studenților săi.

10.1. Istoric

Școala de mecatronică a Universității „POLITEHNICA” din București a debutat instituțional în anul universitar 1994-1995, cu prima promoție de absolvenți în 1999. Momentul a coincis cu înființarea domeniului (profilului) de învățământ superior de specialitate în România, cu programele de studiu *mecatronică și roboți industriali (actualmente robotică)*.

Deși la elaborarea planului de învățământ inițial, respectiv la aplicarea acestuia, au contribuit, în mod egal, reprezentanți de la facultățile de Inginerie Mecanică, Electronică și Telecomunicații și Automatică și Calculatoare, responsabilitatea administrativă și tutorială a studenților de la mecatronică a revenit Catedrei de Mecanică Fină (din 2008, Catedra de Mecatronică și Mecanică de Precizie), în virtutea preocupărilor și tradițiilor științifice multidisciplinare probate în existența sa de peste 45 de ani. În urma intrării în vigoare a Legii Educației Naționale nr.1/2011, aceasta a devenit Departamentul de Mecatronică și Mecanică de Precizie.

În această perioadă, conducerea departamentului a fost asigurată de prof.dr.ing. Nicolae Alexandrescu (1996-2012), prof.dr.ing. Constantin Nițu (2012 – 2016), prof.dr.ing. Mihai AVRAM (2016-2021), Conf.dr.ing. Alina SPÂNU (2021-2024) și S.l.dr.ing. Laurențiu Adrian CARTAL (2024-prezent). Alți reprezentanți marcanți ai departamentului: Prof.dr.ing. Constantin Udrea, Prof.dr.ing. Horia Panaitopol, Prof.dr.ing. Mihai Avram, Prof.dr.ing. Georgeta Ionașcu, Prof.dr.ing. Constantin Bucșan, Prof.dr.ing. Constantin Daniel Comeagă,

Conf.dr.ing. Bogdan GRĂMESCU (actualul decan al Facultății de Inginerie Mecanică și Mecatronică).

Departamentul de Mecatronică și Mecanică de Precizie din Universitatea Națională de Știință și Tehnologie POLITEHNICA București, Facultatea de Inginerie Mecanică și Mecatronică, așa cum este astăzi constituit, este rezultatul unui proces îndelungat de acumulări cantitative și calitative, similar celui ce a caracterizat și dezvoltarea industriei de profil din România. Prin calitatea specialiștilor pregătiți și prin activitatea de cercetare științifică desfășurată în timp de cadre didactice, departamentul s-a consacrat ca un adevărat promotor și puternic susținător al acestui domeniu industrial care, prin produsele sale specifice, reprezintă un domeniu de vârf în economia unei țări.

O prezentare mai detaliată a istoricului școlii de mecatronică din POLITEHNICA București poate fi găsită în [1].

În prezent, colectivul Departamentului de Mecatronică și Mecanică de Precizie este constituit din 19 cadre didactice titulare (1 profesor, 5 conferențieri, 9 șefi de lucrări și 4 asistenți), 6 doctoranzi cu frecvență și 6 angajați ca personal didactic auxiliar. În cadrul departamentului se pregătesc sau sunt în stadiu final de elaborare a tezei de doctorat peste 20 de doctoranzi.

Cercetarea științifică, finanțată pe bază de contracte, abordează teme din domeniile mecatronicii și mecanicii fine, cu caracter de cercetare fundamentală sau aplicativă. Principalul beneficiar este Autoritatea Națională pentru Cercetare Științifică și Inovare, dar și parteneri din industria de profil. O deosebită atenție se acordă temelor de cercetare - dezvoltare solicitate de întreprinderile mici și mijlocii, în scopul proliferării și dezvoltării lor într-un ritm cât mai rapid.

În cadrul departamentului funcționează, autonom, Centrul de Cercetare-Dezvoltare pentru Mecatronică (CCDM) – înființat în 1994 și acreditat C.N.C.S.I.S. În cei 30 de ani de existență, CCDM a ajuns la un înalt nivel de dotare pentru cercetare științifică de vârf. Prin străduința membrilor săi, au fost câștigate granturi de finanțare și contracte de cercetare științifică, în ale căror bugete au fost prevăzute sume substanțiale pentru echipamente. Între acestea, trebuie amintite un grant de tip Bază de Cercetare cu Utilizatori Multipli, finanțat de Banca Mondială și Guvernul României, un proiect tip „Centru de Excelență” finanțat prin programul RELANSIN, 5 proiecte CEEEX în calitate de coordonator, 5 proiecte din planul național PN II (2 – Capacități, 2 – Parteneriate și 1 - IDEI). Ca rezultat al cercetărilor întreprinse de membrii Departamentului de Mecatronică și Mecanică de Precizie, pe

lângă rezolvarea integrală a obiectivelor științifice și tehnice, s-au obținut un important număr de brevete de invenție, premii și distincții și s-au elaborat numeroase articole publicate în reviste și volumele unor manifestări științifice interne și internaționale. Pentru rezultatele deosebit de valoroase, două colective coordonate de Prof. Dr. Doc. Ing. Traian Demian și de Prof. Dr. Ing. Nicolae Alexandrescu au obținut premiul "Aurel Vlaicu" al Academiei Române în anul 1974, respectiv în 1992.

Departamentul de Mecatronică și Mecanică de Precizie este inițiator și organizator al unei reputeate manifestări științifice cu participare internațională - Conferința de Mecatronică și Mecanica Fină - COMEFIM, a cărei ediție jubiliară, a 10-a, a avut loc în anul 2011, la București.

Istoria Mecatronicii în Politehnica București nu poate fi văzută fără colaborarea permanentă cu Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Mecatronică și Tehnica Măsurării (INCDMTM). Institutul s-a constituit ca sprijin în cercetare, partener de discuții, un primitiv loc de practică studențească, organizatorul conferinței International Conference on Reliable Systems Engineering (ICoRSE), la organizarea căreia sunt implicați și membri ai departamentului nostru de Mecatronică și Mecanică de Precizie.

În scopul dezvoltării colaborărilor internaționale, atât în domeniul pregătirii profesionale a studenților, cât și al cercetării științifice, departamentul are acorduri directe și permanente cu departamente omoloage din: Franța, Portugalia, Italia, Grecia, Polonia, Cehia, Bulgaria. Aceste contacte internaționale au prilejuit schimburi bilaterale de studenți și cadre didactice, cu precădere în cadrul programului european Socrates-Erasmus.

Colaborarea mai sus menționată a dat naștere în 2020 unei conferințe internaționale itinerante (cu start în Portugalia – University of Minho), INTERNATIONAL CONFERENCE INNOVATION IN ENGINEERING, în comitetul de conducere departamentul nostru fiind reprezentat.

Ultimii ani au reprezentat ani de schimbări la nivel legislativ și de organizare. Legea Educației Naționale din 2023 a adus după sine numeroase schimbări de metodologii, proceduri. Schimbarea criteriilor CNADCU a condus la necesitatea unor noi abordări la nivel de resurse umane. Schimbările la nivelul cerințelor în evaluările efectuate de ARACIS au condus la rândul lor la regândirea planurilor de învățământ.

Iar apariția învățământului dual la nivel universitar a fost și este o provocare.

În contextul de mai sus, foarte importantă este colaborarea permanentă cu centrele universitare cu program de studiu de Mecatronică, manifestată prin discuții, strategii comune, participare împreună în cadrul unor proiecte, organizare de evenimente comune. Împreună putem reprezenta o voce mai puternică!

10.2. Programe educaționale

În Universitatea Națională de Știință și Tehnologie POLITEHNICA București, la Facultatea de Inginerie Mecanică și Mecatronică funcționează programe formative în domeniul *Mecatronică și robotică*, atât la nivel de licență (8 semestre), cât și de masterat (4 semestre), cu specializările *Mecatronică*, respectiv *Mecatronică avansată și Configurarea și Mentenanța Sistemelor Mecatronice (program nou în sistem dual)*. Principiul care a stat la baza elaborării planurilor de învățământ a fost realizarea unei ponderi egale între disciplinele specifice domeniilor mecanică de precizie, electronică și automatică-informatică și de a asigura o bună legătură între acestea și o integrare a cunoștințelor prin discipline de sinteză ca *Proiectarea sistemelor mecatronice, Hidronică și pneumatică, Robotică, IOT, Roboți Mobili și Sisteme de acționare inteligente*.

Acest curriculum ține cont de tendințele observabile în activitatea inginerescă din domeniu privind integrarea pe verticală și pe orizontală a componentelor într-un sistem. Integrarea verticală poate fi descrisă ca o combinație a trei niveluri distincte ale unui sistem mecatronic:

- electromecanic – conversia energiei electrice în energie mecanică, în forma și locul cerute de sarcină;
- electronică de putere – transformarea eficientă a puterii electrice în tensiuni și curenți controlate;
- electronică de comandă – controlul rapid și precis al proceselor, în concordanță cu cerințele de funcționare ale sistemului.

Integrarea orizontală este legată de procesele de fabricație, pentru care există posibilitatea controlului optimal, astfel încât să se obțină eficientizarea producției în ceea ce privește durata, costul și economisirea energiei.

În ceea ce privește studiile de licență, programul formativ „Mecatronică” din domeniul Mecatronică și Robotică, de la Facultatea de Inginerie Mecanică și Mecatronică, asigură cunoștințele teoretice și

practice pentru formarea unui inginer mecatronist, cu pregătire generală, multi – și inter - disciplinară, capabil să conceapă sisteme mecatronice de înaltă performanță, să asigure mentenanța sistemelor mecatronice din producție și servicii sau service-ul instalațiilor complexe. La sfârșitul perioadei de pregătire, acesta va putea să lucreze și în cercetare-dezvoltare, asigurând managementul proiectelor integrate.

Obiectivele strategice ale specializării sunt subordonate scopului de formare și pregătire a unor ingineri capabili să desfășoare activități de:

- proiectare, execuție, cercetare cu utilizarea de sisteme de calcul: CAD (Computer Aided Design), CAM (Computer Aided Manufacturing), CAQ (Computer Aided Quality Assurance), ceea ce în ansamblu reprezintă CAE (Computer Aided Engineering);
- concepție și realizare a sistemelor mecatronice cu acționare și poziționare precisă, de natură mecanică, hidraulică (hydronics) și pneumatică (pneutronics), comandate electronic și interfațate cu sisteme inteligente de conducere (microcontrolere, microprocesoare, PLC);
- robotizare / automatizare a proceselor de producție și de altă natură;
- informatică industrială cu accente pe conceperea structurilor de calcul, birotică, testare și experimentare asistată și condusă de calculator, prelucrare și gestiune a bazelor de date, inteligență artificială și sisteme de conducere inteligentă;
- bioinginerie, cu accente pe biomecanică, biomateriale, aparate pentru investigații funcționale, echipamente cu radiații pentru imagistică corporală și terapie, dispozitive de protezare.

Planul de învățământ al programului de licență Mecatronică (www.mecanica.pub.ro), este constituit conform cerintelor ARACIS, este unitar în primele 7 semestre, dar oferă cursuri de specialitate opționale în semestrul 8: Hidronică și pneutronică, Sisteme de acționare inteligente, Roboți mobili, Microrobotică, Sisteme flexibile de asamblare și control, Informatică industrială, Mecatronica sistemelor biomedicale, Optomecatronică, Automate programabile, Software pentru sisteme mecatronice.

O componentă importantă a pregătirii studenților de la specializarea de licență mecatronică o constituie facilitarea tranziției de la școală la viața activă prin organizarea de stagii de practică la agenți economici reprezentativi pentru acest domeniu. Pentru asigurarea celor mai bune condiții de desfășurare a acestei activități, colectivul

Departamentului de Mecatronică și Mecanică de Precizie a luat parte în calitate de partener la două proiecte de tip POSDRU care au avut ca principal obiectiv dezvoltarea aptitudinilor de muncă și creșterea inserției pe piața muncii inclusiv pentru studenți de la specializarea mecatronică:

- „Dezvoltarea educației pentru viabilizarea pieței muncii prin vectori inovatori mecatronică-integronică” (2010-2013);

- „Prin practică ai viitor” (2014-2015).

- ”Antreprenariat Competent în rândul Tinerilor-Învățământ Inovativ pentru Viitor- ACTIV” ID proiect/Cod SMIS: POCU/379/6/21/124635 (2019-2021);

- Creșterea ratei de implicare a studenților din anul I al Facultății de Inginerie Mecanică și Mecatronică – UPB (ID: 220203420), Proiecte privind Învățământul Secundar (ROSE) (octombrie 2020 - decembrie 2023);

- Proiect Maximizarea succesului profesional prin metode inovatoare de dezvoltare a abilităților practice în inginerie - MAXIMUS, cod MySMIS cu durata noiembrie 2020 – august 2022.

- Proiect PoliSTAR: Program: „Programul Educație și Ocupare”; Prioritate: P07 „Creșterea calității ofertei de educație și formare profesională pentru asigurarea echității sistemului și o mai bună adaptare la dinamica pieței muncii și la provocările inovării și progresului tehnologic”. Titlul proiectului: PoliSTAR: Stagii de practică recursive – punte către experiența profesională completă, Cod MySMIS: 316729. 2024-2026

- Proiect POLI4FUTURE: „Programul Educație și Ocupare”; Prioritate: P07 „Creșterea calității ofertei de educație și formare profesională pentru asigurarea echității sistemului și o mai bună adaptare la dinamica pieței muncii și la provocările inovării și progresului tehnologic”. Titlul proiectului: Educație Orientată către Viitor: Stagii de Practică de Specialitate prin Parteneriate Sustenabile – POLI4FUTURE, Cod MySMIS: 316805. 2024-2026

Cunoașterea interesului companiilor față de studenții de la Mecatronică a putut fi evidențiată prin proiectele la care facultatea noastră a fost prezentă, și anume:

- Proiect FDI - Educație pentru piața muncii CNFIS-FDI-2022-0006 – anul 2022

- Proiect FDI - Educație pentru piața muncii CNFIS-FDI-2023-0013 – anul 2023

- Proiect FDI - Educație pentru piața muncii V3.0 CNFIS-FDI-2024-0076 – anul 2024.

S-au organizat vizite la companii, workshopuri, schimburi de idei. Au fost chestionați studenți și companii cu privire la programul de Mecatronică desfășurat în Facultatea de Inginerie Mecanică și Mecatronică.

În ceea ce privește domeniul de Mecatronică și Robotică la master este reprezentat de programul de studiu „Mecatronică avansată. Acesta are ca obiectiv primordial amplificarea cunoștințelor și competențelor teoretice și practice interdisciplinare ale absolvenților cu diplomă de licență, fiind un program formativ de aprofundare. Calitatea principală a unui specialist în mecatronică avansată este capacitatea sa de a se implica foarte rapid într-o nouă sarcină de lucru. Absolvenții specializărilor “clasice” capătă o pregătire mai aprofundată într-un domeniu restrâns, în timp ce un mecatronist se poate specializa în funcție de proiect. În acest context, absolventul de mecatronică avansată va putea aborda cercetări complexe orientate spre componente, produse și sisteme mecatronice „inteligente”, ce vor revoluționa mecanica și vor lărgi ariile de aplicabilitate ale electronicii și informaticii. În același timp, el va fi capabil să aplice tehnologia mecatronică în toate activitățile ingineresti specifice unui ciclu complet de dezvoltare de produs: proiectare, fabricație, asigurarea calității și cercetare experimentală.

Planul de învățământ este conform cu cerințele ARACIS, iar disciplinele prevăzute contribuie la îndeplinirea obiectivelor anterior prevăzute prin diversitatea subiectelor abordate: Modele și medii de simulare a sistemelor mecatronice, Actuatori și senzori din materiale active și „inteligente”, Sisteme avansate de fabricație, Analiza, sinteza și experimentarea sistemelor hidronice și pneuonice, Sisteme avansate de conducere, Microsisteme autonome, Biomecatronica, Controlul vibrațiilor și atenuarea zgomotului, Sisteme senzoriale și instrumentație pentru monitorizarea mediului. Aproape 50% din activitățile didactice și 60 din cele 120 credite ale programului formativ sunt alocate cercetării științifice în laboratoarele departamentului și elaborării lucrării de dizertație.

Pentru învățământul dual în mediul universitar, Facultatea de Inginerie Mecanică și Mecatronică a înființat programul de masterat Configurarea și Mentenanța Sistemelor Mecatronice din domeniul Mecatronică și Robotică. Acesta este rezultatul unui îndelungat proces de discuție cu angajatori din România, cu studenți și autorități locale responsabile de probleme de resurse umane. Au fost consultate companii private, institute naționale de cercetare-dezvoltare ce au o puternică

activitate de inovare și proiectare industrială, asociații patronale (APROMECA, Asociații ale IMM-urilor, etc.). Suplimentar, dar foarte relevante, sunt studiile desfășurate în vederea creării Consorțiului de învățământ dual ce a propus un proiect de Campus Dual, acceptat pentru finanțare prin PNRR (PNRR Pilonul IV: Politici pentru noua generație, Componenta C15: Educație, Reforma 4: Crearea unei rute profesionale complete pentru învățământul tehnic superior, Investiția 6: Dezvoltarea a minimum 10 consorții regionale și dezvoltarea și dotarea a minimum 10 campusuri profesionale integrate). În procesul de creare a consorțiului, ce acoperă trei județe (Călărași, Giurgiu și Alexandria) au fost chestionate firmele din regiune, au fost evaluate cerințele de formare, a fost estimat numărul de specialiști (nivel licență și master) necesare cel puțin pentru perioadă de sustenabilitate a proiectului (2023 - 2033). Prin acest proiect, aprobat pentru finanțare prin PNRR, este prevăzută înmatricularea unui număr de 110 studenți în sistem dual, dintre care 35 din categorii defavorizate.

Programul de masterat dual are ca obiectiv primordial amplificarea cunoștințelor și competențelor teoretice și practice interdisciplinare ale absolvenților cu diplomă de licență, cu implicarea puternică a companiilor interesate, fiind un program de învățământ dual. Calitatea principală a unui specialist din acest domeniu este capacitatea sa de a se implica foarte rapid într-o nouă sarcină de lucru, dar și experiența directă în companie. În acest context, absolventul de mecatronică avansată va putea aborda teme specifice companiilor orientate spre componente, produse și sisteme mecatronice „inteligente”. Absolventul va fi capabil să aplice tehnologia mecatronică în toate activitățile ingineresti specifice unui ciclu complet de dezvoltare de produs: proiectare, fabricație, asigurarea calității.

Pentru buna desfășurare a acestor programe formative, există un suport material de excepție, acumulat și dezvoltat în cei peste 30 de ani de existență oficială a mecatronicii la POLITEHNICA București. Câteva imagini din laboratoarele departamentului ilustrează demersul continuu pentru modernizarea bazei materiale (figurile 10.1 - 10.3).



Fig.10.1 Laboratorul de hidronică și pneumatică

Finalizarea studiilor, atât la nivelul programului de licență, cât și a celui de masterat a prilejuit realizarea, de către absolvenți, a unor lucrări remarcabile, care au intrat în dotarea laboratoarelor, constituind material didactic pentru următoarele generații de studenți. De exemplu, introducerea disciplinei Roboți mobili a fost posibilă prin realizarea la proiectele de an și de diplomă a unor modele experimentale (figura 10.5).

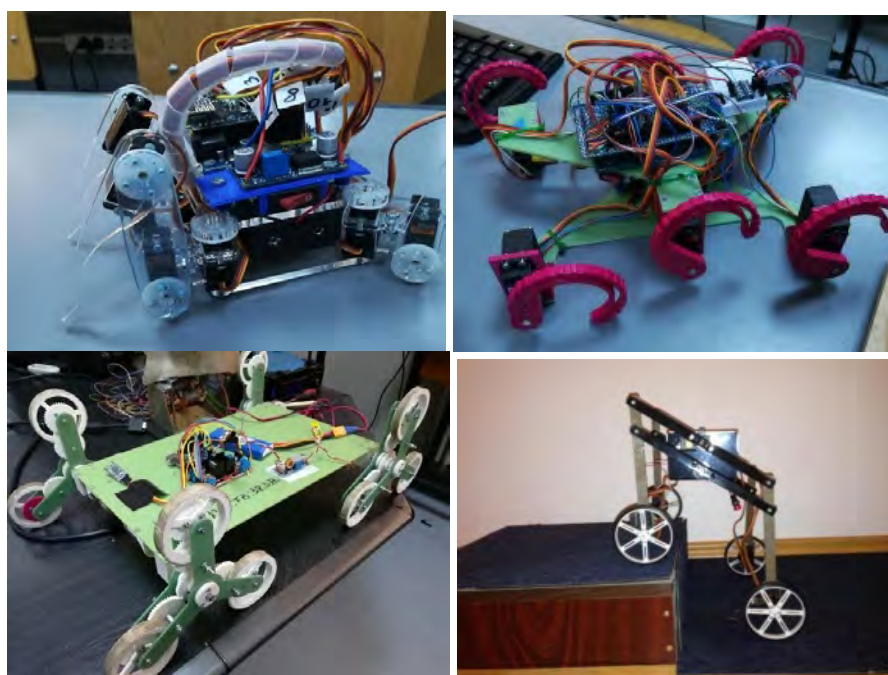


Fig.10.2 Laboratorul de roboți mobili



Fig.10.3 Laboratorul de tehnologii de fabricație

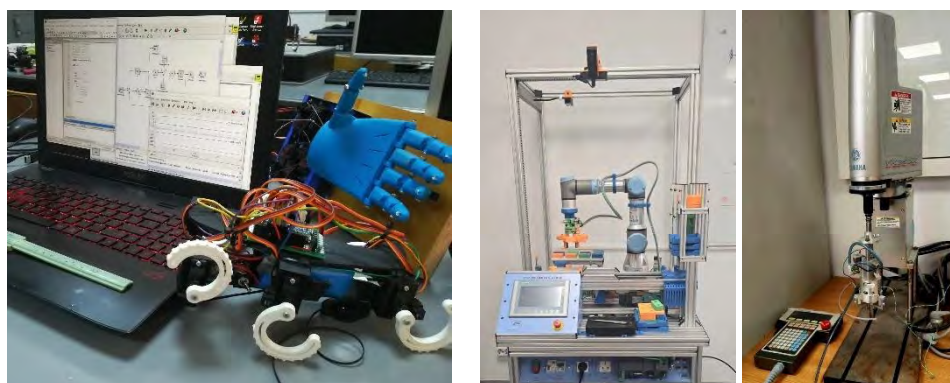


Fig.10.4 Laboratoarele de Robotică și Sisteme Mecatronice

Internetul Lucrurilor este prezent în programul de studiu de Mecatronică Avansată este prezent prin disciplina „IoT pentru sisteme mecatronice”. Laboratorul a fost dezvoltat în parteneriat cu mediul privat – compania Crystal Systems, aceasta făcând posibilă abordarea unei noi curricule prin înlesnirea accesului în laboratorul nou înființat în Campusul Politehnica București - Crystal Industry 4.0.



Fig.10.5 Laboratoarele de IoT pentru sisteme mecatronice

Deși nu s-a constituit ca domeniu aparte de doctorat în Universitatea Națională de Știință și Tehnologie Politehnica București, în Facultatea de Inginerie Mecanică și Mecatronică activează Școala doctorală de Inginerie Mecanică și Mecatronică cu domeniul de Inginerie Mecanică. Conducătorii de doctorat și doctoranzii din departament (și chiar facultate) au abordat, cu precădere, teme de mecatronică și robotică, rezultatele obținute fiind deosebit de valoroase: sisteme robotice de monitorizare, sisteme mecatronice, etc. În fapt, pregătirea prin doctorat a contribuit la implementarea planului de cercetare al departamentului și centrului, cu teme din domeniul roboticii și microroboticii, actuatorilor și senzorilor „inteligenți”, acționărilor ultra precise. Câteva exemple sunt prezentate în figurile 10.6-10.8.

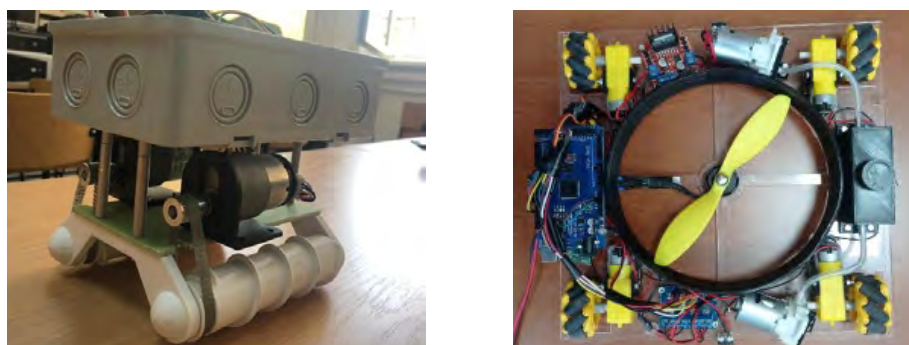


Fig.10.6 Roboți mobili realizați în cadrul unor proiecte studențești



Fig.10.7a Minirobot târător



Fig.10.7b Robot pentru inspecția și monitorizarea externă a conductelor pentru petrol și gaze



Fig.10.8 Sistem mecatronic pentru rezolvarea cubului Rubik



Fig.10.9 Proteza de mână

10.3. Programe de cercetare

Centrul de Cercetare-Dezvoltare pentru Mecatronică (C.C.D.M.) a fost înființat prin decizia Rectorului U.P.B. nr.28./30.11.1994, în cadrul Departamentului de Cercetare din U.P.B., pentru activități de cercetare științifică fundamentală și aplicativă, proiectare, instruire, asistență tehnică și service, în domeniul mecatronicii. Centrul este constituit ca unitate distinctă, fără profit și fără personalitate juridică. Sediul C.C.D.M. este în Facultatea de Inginerie Mecanică și Mecatronică - Departamentul de Mecatronică și Mecanică de Precizie.

Prin grantul C.N.C.S.I.S. de tip B (contract 31530/2000), finanțat cu sprijinul Băncii Mondiale, în cadrul C.C.D.M. a fost înființat un laborator complex de cercetare, ca bază cu utilizatori multipli – *Centrul Național de Mecatronică*.

C.C.D.M. este angajat în dezvoltarea mecatronicii pe două direcții concordante:

- pregătirea universitară și postuniversitară a resurselor umane prin programele: de pregătire universitară a studenților din anii terminali, de realizare a unor părți din proiectele de licență și dizertație, de doctorat, de master, de educație permanentă și de formare a formatorilor;
- activitatea de cercetare-dezvoltare în domeniul mecatronicii.

Obiectivele C.C.D.M. privind pregătirea resurselor umane și cele de cercetare-dezvoltare sunt susținute de următoarele programe:

- Robotică inteligentă;
- Senzori, actuatori și motoare cu unul sau mai multe grade de libertate;
- Actuatori și motoare bazate pe proprietățile materialelor active și „inteligente”;
- Piezomecatronică (senzori, actuatori și motoare piezoelectrice);
- Micromecatronică;
- Hidronică și pneumatică (integrarea electronicii și informaticii în dispozitivele și sistemele hidraulice și pneumatice);
- Sisteme automate de poziționare precisă;
- Biomecatronică;
- Produse inteligente pentru uz casnic;
- Informatică industrială;
- Proiectarea și fabricația asistate de calculator a produselor mecatronice.

C.C.D.M. participă, de asemenea, la programe de cercetare solicitate de partenerii comerciali și la programe de cooperare științifică internațională.

Activitățile de cercetare desfășurate în cadrul C.C.D.M. au prilejuit participarea a numeroși membri ai personalului didactic la manifestări științifice internaționale de profil. Dintre acestea se pot enumera: International Conference on Optimisation of the Robots and Manipulators OPTIROB (2011, 2012, 2013, 2014, 2015), 4th International Conference on Manufacturing Science and Technology, Dubai (2013), 3rd International Conference on Electronics Computer Technology, Kanyakumari (2011), International Conference on Mechatronics (ICM), Istanbul (2011), International Semiconductor Conference, Sinaia (2009, 2010, 2011), 12th Mechatronics Forum Biennial International Conference, Zurich (2010), 3rd International

Symposium on Resilient Control Systems ISRCS, Idaho Falls (2010), GAIT 2010 - The 3rd International Congress on Gait & Mental Function, Washington D.C (2010), 10th International Conference on Mechatronics and Precision Engineering COMEFIM 10 (2011), International Symposium on Optomechatronic Technologies, Istanbul (2009), IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics, Cluj-Napoca (2008, 2010), 39th International Congress on Noise Control Engineering 2010, INTER-NOISE 2010, 5th Europe – Asia Congress on Mecatronics and 7th France - Japan Congress on Mecatronics - MECATRONICS'2008, Le Grand Bornand, France (2008), INTERNATIONAL CONFERENCE INNOVATION IN ENGINEERING (2020, 2022, 2024, 2025 (la care membrii ai facultății de Inginerie Mecanică și Mecatronică sunt în comitetul director).

Reprezentanții U.P.B. au avut contribuții apreciate, recunoscute prin includerea în comitetele științifice ale unor prestigioase manifestări (prof. N.Alexandrescu – Montreal, 2001; prof.C.Nițu-Varșovia, 2000, 2004, Le Grand Bornand -2008) sau prin pozițiile de „chairman” de sesiune (prof. N.Alexandrescu – Montreal; prof.C.Nițu-Kitakyushu,1998; Varșovia-2000; Hrotovice-2003, Kazimierz Dolny – 2004, Le Grand Bornand - 2008). În 2001, la Besançon, participarea românească intensă, la aproape toate edițiile congreselor franco-japoneze, a fost marcată prin medaliile acordate prof.C.Nițu și H.Panaitopol, prezenți la manifestare.

Aceste rezultate au fost posibile prin activitatea științifică a membrilor colectivului departamentului. În perioada 1994-prezent, departamentul (centrul) a fost implicat în programele naționale ale ministerului de resort și CNCSIS. Încă de la început, colectivul departamentului a fost un participant activ la programele naționale de cercetare, membrii săi obținând, prin competiție, numeroase granturi (CNCSIS A, At, ACADEMIA ROMÂNĂ), proiecte RELANSIN, CALIST, INVENT, INFRAS, CEEX și PN II (PARTENERIATE, CAPACITĂȚI, IDEI). Doar în perioada 2007-2024 în departaments-au derulat 47 de contracte de cercetare pentru care s-a primit o finanțare totală de peste 9 milioane lei.

Dintre cele mai reprezentative proiecte de cercetare la care CCDM a avut calitatea de coordonator sau partener se menționează:

- Extindere laborator acreditat de încercări acustice – ACUSTLAB;
- Cercetări privind miniaturizarea roboților și dezvoltarea de miniroboți de înaltă precizie destinați micro și nanotehnologiilor-MINIROB-NANOTECH;

- Tehnologie integrată de procesare și caracterizare a suprafețelor cu topografie nanometrică – NANOINTECH;
- Sistem robotic miniatural cu abilități de reconfigurare și automultiplicare – ROMAR;
- Sisteme pneumatice avansate de acționare precisă în robotică și în alte aplicații industriale bazate pe dezvoltarea de noi tipuri de servodistribuitoare proporționale în concepție mecatronică – SPASERVODIST;
- Cercetări privind miniroboții cu locomoție bazată pe mișcare pendulară – ROBOPEND;
- Elaborarea unor sisteme mecatronice de diagnostic și tratament, utilizate în patologia membrului inferior- SISMMINF;
- Unități pneuonice liniare și rotative în concepție modulară – UPIP;
- Sistem de dozare automată, monitorizare continuă, stocare și afișare computerizată a informațiilor privind corectitudinea efectuării tratamentelor oftalmologice prescrise – SIDOMOOFTALMO;
- Modernizare laborator sisteme ultraprecise de mecanica fina pentru eficientizarea cercetarilor in domeniu – MLSUMF;
- Extinderea capabilităților laboratorului de testare asistată de calculator a sistemelor mecatronice în domeniul micromecatronics – MICROLAB;
- Strategii de navigație utilizabile în cazul miniroboților mobili fără echipament senzorial îmbarcat;
- Actuatori electromagnetici și electrodinamici procesați prin tehnologie LIGA;
- Neuroproteză de antebraț echipată cu piele artificială și feedback senzorial, ARMIN Contract nr: 8/2019, EEA-RO-NO2018-0390, EEA Norway GRANTS – Director-Coordonator Proiect: Prof.Dr.Ing. Grigore-Octavian DONȚU, Perioada implementare: 2019-2024, Parteneri: Universitatea Națională de Știință și Tehnologie POLITEHNICA București (Promotor Proiect), UMF Carol Davila – Spitalul Clinic de Urgență Floreasca, Academia de Științe Medicale, Institutul Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Microtehnologie – IMT București, Areus Technology și University of South-Eastern Norway – USN Oslo;
- Tehnologie eficientă pentru epurarea biologică a apelor uzate, Proiect Nr.24/2018, CEBIOTREAT, ERANET COFUND MANUNET-III, Responsabil proiect – Prof.Dr.Ing. Donțu Octavian, Parteneri – DFR SYSTEMS, ARGES TURCIA, perioada 1.03.2018-29.02.2020;

Câteva dintre realizările și rezultatele obținute în activitățile prevăzute în planurile de realizare ale acestor proiecte sunt prezentate în fig. 10.10 – 10.14.

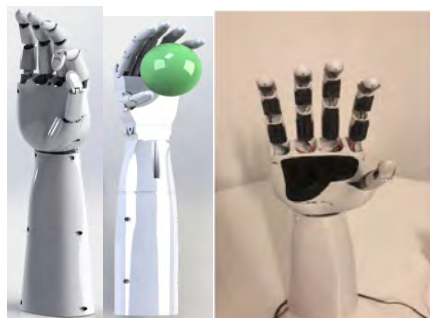


Fig.10.10 Neuroproteză de antebrăț echipată cu piele artificială și feedback senzorial



a)



b)

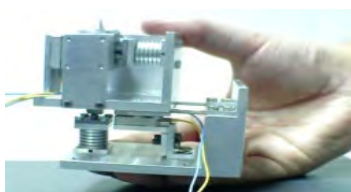


c)

Fig.10.11 Robotul modular ROMAR : a) patruped; b) târâre; c) multiplicare



a)



b)

Fig.10.12 Mini roboți de înaltă precizie destinați micro și nanotehnologiilor: a) minirobot acționat cu motoare electrice miniaturizate; b) minirobot cu acționare piezoelectrică



Fig.10.13 Robot de salvare în situații de urgență –RSU GEX2017: a) prototip-vedere frontală; b) vedere laterală

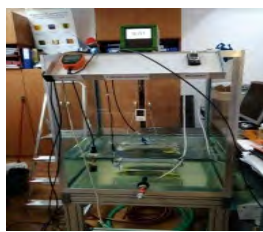


Fig.10.14 Tehnologie eficientă pentru epurarea biologică a apelor uzate

10.4. Facilități de cercetare-dezvoltare. Structura hardware și software a platformei

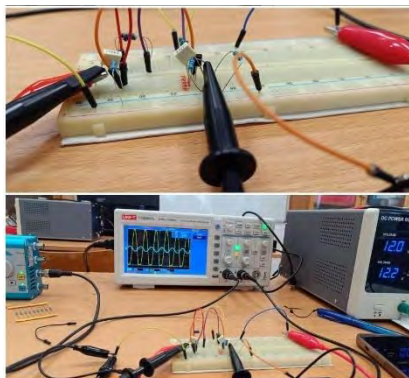
Centrul de Cercetare-Dezvoltare pentru Mecatronică are, actualmente, o dotare de înalt nivel și dată recentă, atât hardware, cât și software. Concepția organizatorică realizată pentru proiectul BCUM – Centrul Național de Mecatronică, potrivit căreia s-au constituit trei laboratoare, a fost păstrată și dezvoltată. Aceste laboratoare urmează un flux al activităților conceput astfel încât să permită realizarea unui produs sau sistem mecatronic din faza incipientă de proiectare și simulare, până în faza de execuție și cercetare experimentală. Tabelul 10.1 prezintă concis denumirea laboratoarelor, specificul activității și principala lor bază materială.

Tab. 10.1 Dotarea laboratoarelor Centrului de Cercetare-Dezvoltare pentru Mecatronică

CONCEPȚIE/ PROIECTARE	
L1 - Laborator de cercetare, proiectare și dezvoltare asistată de calculator	
• PC-uri, combiscope, generatoare de semnal, surse de alimentare programabile, multimetre; • micromotoare/actuatori, senzori/traductoare; • microprocesoare, controlere, plăci de dezvoltare, interfețe GPIB, rețele GPIB; • CATIA, Solidworks, Inventor, LabVIEW și toolboxes, Matlab și toolboxes, 20-sim, Dymola	
CERCETARE/ EXPERIMENTARE	

L2 - Laborator de experimentare și testare asistate de calculator

- PC-uri, osciloscoape, analizoare de semnal, laser, camere CCD, GPIB;
- senzori/traductoare, multimetre, plăci de achiziție date și imagini, condiționare semnal, electronică măsurare;
- sisteme de măsurare și prelucrare date pentru toate mărimile mecanice;
- LabVIEW, Advanced Signal Processing Toolkit, Sound and Vibration Toolkit, Vision Development Toolkit



TEHNOLOGII/FABRICAȚIE

L3 - Laborator tehnologii mecatronice și fabricație asistată de calculator

- centru flexibil de fabricație CNC - ACRA 610 (4 axe);
- PC - uri;
- instalație execuție circuite imprimate;
- mașină de măsurat în coordonate (3D) , CCD, roboți
- CATIA, Solidworks
- laser Starweld Performance SWP 6002 ROFIN CNC
- mașină de alezat și frezat BF16 – Quantum
- ministrung CNC
- STRUNG CNC



În CCDM, cercetarea și dezvoltarea unui sistem mecatronic urmează etapele:

- *faza I*, „proiectarea asistată de calculator” este realizată în laboratorul L1, ce facilitează etapele de CAD și calcul de structuri; laboratorul dispune de trei rețele de sisteme de calcul dotate cu software de proiectare asistată (CATIA, Solidworks, Inventor); pentru modelarea și simularea sistemelor mecatronice se utilizează Matlab-Simulink 2024,

20-sim 4.0, Dymola 6.1 și LabVIEW, cu modulele de System Simulation and Design Toolset și PID Control Toolset;

- *faza a II-a*, "execuție prototipuri" este realizată în laboratorul L3; pentru execuția componentelor mecanice se poate utiliza centrul vertical cu comandă numerică ACRA-FWMC-610, ce permite execuția unor componente cu dimensiuni până la 600x480x500 [mm³] și precizie de 2 μm, cuplat la o rețea de 4 PC-uri având instalat software-ul CATIA; configurația în 3D a pieselor proiectate permite generarea automată a programului pentru mașină și transmiterea la centrul de prelucrare ACRA; pentru execuția unor componente mecanice de mici dimensiuni este funcțională o instalație de corodare ce permite prelucrarea pieselor din tablă până la o grosime de 3 mm; instalația poate coroda și circuite imprimate, necesare pentru execuția internă de plăci electronice; un banc de lucru dotat cu o stație de lipit cu temperatură controlată în intervalul 600 - 4000 permite și utilizarea componentelor de tip SMD; este posibilă realizarea microsudurilor cu ajutorul laserului Starweld Performance SWP 6002 ROFIN CNC, cu o rezoluție de 2,5 μm și o fidelitate sub 20 μm, iar pentru prelucrările convenționale de înaltă precizie pot fi utilizate ministrungul CNC și mașina de alezat și frezat BF16 – Quantum;

- *faza a III-a*, "testarea produselor și sistemelor" este realizată în laboratorul L2; specificul sistemelor mecatronice, ce implică integrarea unor subsisteme electronice/mechanice/software, a impus realizarea unor standuri de testare complexe cu o flexibilitate ridicată, ușor de reconfigurat în funcție de particularitățile sistemului și cerințele cercetării experimentale.

Laboratorul L2 este dotat cu:

- osciloscop digital/analogic Fluke PM 3370B cu două canale, domeniu de frecvențe 0-60MHz și facilități de prelucrare numerică a semnalelor, inclusiv de analiză FFT;
- osciloscop Fluke 123S cu două canale, portabile, domeniu de frecvențe 0-20MHz;
- generatoare de semnal Stanford Research Systems DS345, domeniu de frecvențe 0-30MHz, tip undă generată: sinus, triunghi, dreptunghi, rampă, arbitrară; facilități de modulație în amplitudine, modulație în frecvență, modulație în fază, baleiaj în trepte după o lege liniară sau logaritmică, generare puls; interfață RS-232 și IEEE 488.
- multimetru 6½ digiți Agilent Technologies 34401A;
- analizor de impedanță Stanford Research Systems tip SR 785, utilizabil pentru analiză de vibrații, analiză modală, testarea servosistemelor,

testarea circuitelor de comandă, analiză acustică; modulele de funcționare sunt: analiză în domeniul frecvență (răspuns în frecvență; spectru liniar; spectru de putere; coerență; densitate spectrală de putere); analiză în domeniul timp (achiziție în timp; corelație; auto-corelație; orbită); analiză în amplitudine (histogramă; PDF; CDF); acestea se pot realiza pe baza semnalelor curente sau a celor memorate (fig. 10.15);

- surse de tensiune Hameg HM 7042-3;
- plăci de achiziție date National Instruments (PCI-MIO-13E-1); module pentru alimentarea mărcilor tensometrice (SC-2042-SG), pentru achiziție simultană (SC-2040); placă PCI-6713 pentru generare simultană pe 8 canale cu frecvență maximă 1MHz; pentru dezvoltarea unor aplicații de testare prin analiza imaginilor (necesare pentru măsurări fără contact în domeniul roboticii, sistemelor de acționare și poziționare, etc.) există două plăci de achiziție de imagini tip PCI-1411, National Instruments; pentru aplicații de testare în teren se utilizează plăci de achiziție date externe conectate la laptop prin USB, din mai multe generații - National Instruments;
- plăci de comunicație GPIB pentru PC (National Instruments); toate echipamentele sunt prevăzute cu interfață GPIB ce permite configurarea în rețea de instrumentație;
- microcontrolere și module de dezvoltare pentru robotică mobilă (Parallax Inc.); s-au achiziționat componentele necesare dezvoltării de roboți mobili și pentru programarea memoriilor EPROM și EEPROM, plasate pe plăcile de dezvoltare, s-a achiziționat un programator conectabil la PC (RS Components) ;
- camere video în spectrul vizibil și în infraroșu.



Fig.10.15 Analiză de impedanță cu SR 785

Echipamentele electronice sunt dublate de senzori și traductoare pentru mărimi mecanice: forță în regim dinamic max. 400N și 4 kN, forță în regim static max 500N, presiune, debit, deplasare 0-1000 mm, 0-300 mm sau 0-5 mm, temperatură - măsurare cu și fără contact.

Cu această dotare, au fost realizate sau sunt în curs de realizare mai multe aplicații, din care se menționează:

- Sistem de analiză modală portabil format din șase accelerometre tip 50M1 Endevco, împreună cu o sursă de condiționare cu 10 canale. Sursa este simultan conectabilă pe 8 canale la placa de achiziție date tip PCI-MIO-16E10, cuplată cu blocul de achiziție SC-2040 sau cu modulul SCXI cu placă SCXI-1531. Sistemul format din accelerometre, sursa de condiționare, blocul de achiziție și placa de achiziție a fost configurat și testat, încadrându-se în parametrii prevăzuți. Pentru excitarea rapidă a structurilor, se utilizează ciocane de test și un traductor de forță dinamic (PCB Piezotronics), iar pentru prelucrarea datelor în vederea extragerii parametrilor modali ai structurilor s-a achiziționat software-ul Visual Modal, dezvoltat de Vibetech Inc. în colaborare cu Bruel&Kjaer. O alternativă, cu performanțe superioare, dar cu număr limitat de canale și neportabilă, este utilizarea excitatorului de vibrații portabil Bruel&Kjaer tip 5961, împreună cu capul de impedanță 8001, cuplat cu condiționatoare de semnal, respectiv a unor accelerometre de tip 4507 și 4508B006, cuplate la analizorul SR785. S-a reușit astfel realizarea unui sistem puternic de analiză modală, atât fix cât și mobil (cu posibilități de a se deplasa la beneficiari).

- Stand de testare statică și dinamică a unităților hidraulice de poziționare, de precizie ridicată. Pentru achiziția semnalelor de la traductoare și generarea semnalelor de comandă se utilizează un sistem modular extern de achiziție de date, de la firma National Instruments, cu controler extern FP-1000, module de achiziție date intrare-ieșire, analogice/digitale, conectabile la controler (FP-AI-C020, FP-AI-V10B, FP-AO-V10B, FP-DI-DC, FP-DO-DC60, FP-QUAD-510). Standul include: traductoare de debit capabile de a opera la presiuni înalte, EVS 3100-1, cu electronică adițională, de la firma Bosch-Rexroth, un traductor de deplasare pentru curse de 1m și precizie de 1 μm de la aceeași firmă și un traductor de forță de valori înalte M223B (16-20kN) de la firma PCB Piezotronics - SUA. Sistemul poate fi utilizat și pentru verificarea posibilității de măsurare și excitare distribuită a vibrației structurilor, pe care s-au plasat senzori și actuatori piezoelectrics distribuiți.

- Stand de urmărire stereoscopică, bazat pe urmărirea optică duală a unei ținte luminoase plasate pe un obiect în mișcare. El are șase

grade de libertate, acționarea fiind realizată cu motoare liniare Physik Instrumente. Pentru o viteză de reacție ridicată se utilizează, pentru comandă, 2 plăci de comandă DSP cu PID de $251\mu\text{s}$, de tip PCI-1424 National Instruments.

- Sistem de măsurare a poziției unui robot mobil, prin suprapunerea imaginilor stereo achiziționate de la 2 camere poziționate într-un suport reglabil (fig.10.16), care permite modificarea distanței între cele 2 camere și unghiurile de vizare. Sistemul vizează un punct/spot definit pe robot printr-o suprafață reflectantă. Pentru achiziția imaginii digitale s-a folosit modulul IMAQ din LabVIEW. Algoritmul pentru caracterizarea imaginii și punerea în corespondență a punctelor din cele 2 imagini concomitente, a fost implementat în mediul LabVIEW. Acesta constă în determinarea punctelor semnificative, adică acele puncte unde luminanța are o varianță maximă după mai mult de o direcție. Această tehnică implică utilizarea unui set de filtre trece-bandă, cu funcția Gabor. După filtrare se obține așa-numita hartă „energetică”. Maximele locale de pe această hartă corespund punctelor semnificative. Filtrarea, denumită 2DEMP (2-D Energy MaP), a fost, de asemenea, implementată în mediul LabVIEW. După detectarea punctelor semnificative pentru fiecare din imaginile stereo, se efectuează caracterizarea imaginii. Pentru identificarea poziției punctului vizat pe modul s-a recurs la doua metode. Prima metodă se bazează pe identificarea zonelor cu conținut de culoare apropiat de cel de referință, prin convoluție în planele de culoare, iar a doua metodă se bazează pe identificarea zonelor cu formă și spectru apropiat de cea a modelului. S-au obținut, cu acest dispozitiv, valori ale poziției sistemului robotic, cu abateri de $\pm 0,5\text{ mm}$.



a)



b)

Fig.10.16 Sistem stereoscopic de determinare a poziției unui robot mobil: a) camerele în suportul reglabil; b) robotul și punctul vizat și achiziția imaginii

- Sistem de testare la vibrații a dispozitivelor micro-electromecanice – MEMS (fig.10.17). Este compus dintr-un vibrometru laser cu trei fascicule CLV-3D, Polytec-Germania, un microscop și vibrometru laser Doppler diferențial și subsisteme de achiziționare și procesare numerică a semnalelor, de generare a semnalelor de test.



a)



b)

Fig.10.17 Sistem de testare la vibrații a dispozitivelor micromecanice: a) vibrometru laser cu 3 fascicule; b) microscop, hardware și software de achiziție și prelucrare a datelor

- Stand de testare la întindere – compresiune, cu traductor de forță integrat. Acesta este prevăzut cu interfață USB pentru un transfer rapid de date (1000 măsurători/s) la PC și frecvența de eșantionare ridicată de (1 kHz) pentru achiziția rapidă a valorilor de vârf. Se pot selecta unitățile de măsură dintre N, gf (kgf) sau ozf (lbf) și memora 1000 valori, reapelabile pe display. Prin adaptarea unui dispozitiv de poziționare și fixare, se poate realiza testarea componentelor electronice la forfecare și smulgere (fig.10.18).

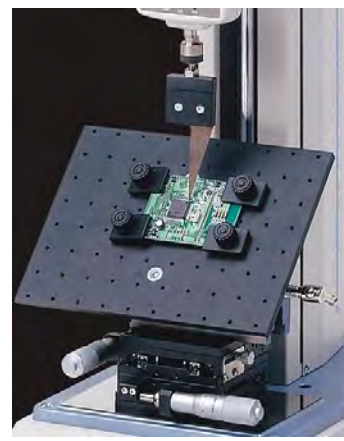


Fig.10.18 Stand pentru testarea componentelor electronice la forfecare și smulgere

O particularizare, de dată recentă, a activităților de experimentare și testare asistată de calculator o reprezintă analiza biomecanică a mersului uman (fig.10.19). Aceasta este posibilă cu ajutorul echipamentului de tip Vicon, dotat cu o stație grafică Dell Precision 490 și 7 camere de mare viteză cu stroboscop încorporat, respectiv a echipamentului de măsurare a presiunii plantare tip Pedar X. O bandă de mers, profesională, de tip Tunturi permite realizarea unui număr de 16 programe de antrenament, cu măsurarea pulsului și a consumului de oxigen. Analiza mișcării este realizată cu ajutorul software-ului specializat *Quintic4Biomechanics*, care prelucrează imaginile achiziționate cu 2 camere video Panasonic.

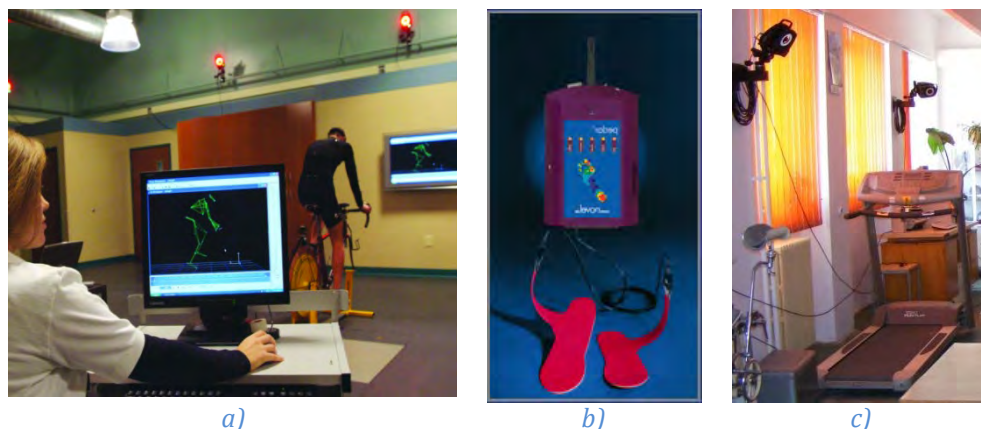


Fig.10.19 Echipamente pentru analiza biomecanică a mersului uman: a) sistemul Vicon MX; b) dispozitivul Pedar X; c) banda de mers Tunturi

Pe lângă aceste laboratoare, în CCDDM funcționează și un laborator de încercări acustice.

10.5. Cooperare națională și internațională

Este evident că pentru a fi atinse toate obiectivele anterior prezentate a fost nevoie de urmărirea permanentă a conjuncturii și evoluției naționale și internaționale.

Pe plan național, Departamentul de Mecatronică și Mecanică de Precizie din Facultatea de Inginerie Mecanică și Mecatronică din Politehnica București a întreținut o strânsă legătură cu departamentele omoloage de la *Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca*, *Universitatea „Politehnica” din Timișoara*, *Universitatea „Transilvania” din Brașov*,

Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași, Universitatea „Dunărea de Jos” din Galați, Universitatea Lucian Blaga din Sibiu, Universitatea din Oradea, Universitatea din Craiova, Universitatea “Ștefan cel Mare” din Suceava. Consorțiul astfel format a constituit și nucleul Societății Române de Mecatronică – SROMECA. Dintre celelalte centre universitare cu specializări de mecatronică, există bune legături și cu Universitatea “Valahia” din Târgoviște și Universitatea din Bacău. Trebuie menționat că un rol extrem de important în dezvoltarea și menținerea legăturilor între „mecatroniști” l-a avut proiectul FLEXFORM (Program de formare profesională flexibilă pe platforme mecatronice) care a implicat majoritatea centrelor menționate și a fost condus de colegii de la *Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca*. Deși obiectivul general al proiectului este elaborarea și implementarea unui program de formare profesională flexibilă, pe platforme mecatronice, a personalului didactic din învățământ, pentru dezvoltarea competențelor în aplicarea tehnologiilor educaționale moderne și eficientizarea procesului de predare-învățare, efectul secundar a fost strângerea relațiilor mecatroniștilor la nivel național.

Pe plan internațional, membrii colectivului Departamentului de Mecatronică și Mecanică de Precizie din Politehnica București au realizat numeroase contacte personale și instituționale. Una din formele inițiale de legături internaționale au fost mobilitățile individuale TEMPUS, de care au beneficiat numeroase cadre didactice. Instituțiile gazdă, care au devenit ulterior parteneri la propunerile de proiecte europene promovate de Politehnica București au fost: Politecnico di Torino, Ecole Nationale Supérieure de Mécanique et des Microtechniques Besançon, Institut National Polytechnique Grenoble, ENSAM-Aix en Provence, Université de Metz, Technische Universität Dresden, Warsaw University of Technology, Universität Cottbus, University of Minho, Universitatea din Ruse. Pe lângă multiplele proiecte de colaborare europene (TEMPUS, LEONARDO), în perioada 1995-1998 s-a desfășurat cu succes un proiect de cercetare tip Copernicus, cu tema „Microrobot flexibil cu mișcare autonomă”, având ca parteneri Politehnica București – Departamentul de Mecatronică și Mecanică de Precizie, Universitatea din Metz și „Politehnica” din Varșovia.

Din 1999, de când România a avut acces la *programul Socrates-Erasmus*, și până în prezent, *cadrele didactice și studenții* de la specializarea mecatronică au participat anual la mobilități prevăzute în acordurile bilaterale încheiate cu: Politecnico di Torino; ENSAM-Aix en Provence; Technische Universität Dresden; Institut National

Polytechnique Grenoble; Université de Metz; Ecole Nationale d'Ingenieurs Metz; Université de Bordeaux; Université de Strasbourg; Universidade de Lisboa; Technological Educational Institute of West Macedonia; Ecole des Mines d'Alès.

În prezent, facultatea are încheiat un număr de 90 de acorduri de parteneriat ERASMUS cu universități din Austria, Belgia, Bulgaria, Cipru, Franța, Germania, Grecia, Italia, Norvegia, Polonia, Portugalia, Serbia, Slovenia, Spania, Suedia, Turcia, Ungaria.

Mobilitățile cadrelor didactice au avut, ca obiect, prelegeri cu subiect convenit în acordul bilateral, iar mobilitățile studenților au fost orientate spre elaborarea proiectului de diplomă sau absolvirea unui an de studiu. Reciproc, cadre didactice prestigioase din instituțiile menționate au efectuat misiuni de învățământ la specializarea de mecatronică din Politehnica București, împărtășind din experiența lor în domeniu.

Vizibilitatea internațională a Departamentului de Mecatronică și Mecanică de Precizie este o certitudine, membrii săi participând în consilii editoriale ale unor reviste internaționale (The Open Electric and Electronic Engineering Journal – Bentham Sc. Publishing) și ca recenzori la reviste de prestigiu (IEEE Transactions on Industrial Electronics, IEEE Transactions on Robotics and Automation, Journal of Zhejiang University-SCIENCE A, Mechatronics Journal - Elsevier).

10.6. Participarea Universității Naționale de Știință și Tehnologie Politehnica București la manifestarea „Zilele Educației Mecatronice” (ZEM)

ZEM - eveniment important universitar, cu un istoric de XII ediții (din 2010), aduce împreună studenți și profesori din centrele universitare din România care asigură pregătire de excelență în MECATRONICĂ (domeniul universitar Mecatronică și Robotică), alături de companii importante din domeniu care doresc să-și prezinte activitatea pe care o desfășoară și importanța multidisciplinarității mecatronicii în companie. Calitatea pregătirii pe care POLITEHNICA București o oferă studenților care au optat pentru specializarea de mecatronică este confirmată de performanțele pe care echipa POLITEHNICA București le obține an de an la concursul studențesc „Zilele educației mecatronice”.

Evenimentul se desfășoară în fiecare an în alt centru universitar. În 2024, a XII-a ediție a fost găzduită de Universitatea Națională de Știință și Tehnologie POLTEHNICA București. 23-26 aprilie 2024. La eveniment au participat: Universitatea Națională de Știință și Tehnologie POLTEHNICA București; Universitatea Transilvania din Brașov; Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca; Universitatea Politehnică Timișoara; Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași; Universitatea Lucian Blaga din Sibiu; Universitatea din Craiova; Universitatea din Oradea; Universitatea "Ștefan cel Mare" din Suceava, dar și numeroase companii.

Probele de concurs sunt: Sisteme Mecatronice; Roboți Mobili – Line-Follower; Roboți Mobili – Mini Sumo; Sisteme Mecatronice de Zbor Fără Pilot; Realizări în domeniul Mecatronicii; Realizări în domeniul mecatronicii – Aplicații Matlab.



Fig.10.20 Zilele Educației Mecatronice – concursuri, dar și discuții între mecatroniști din țară

10.7. Manifestări dedicate cunoașterii mecatronicii la nivel liceal

Imediat după ce pandemia ce a afectat puternic legăturile fizice dintre oameni, implicit în mediul educațional, a fost nevoie de reluarea acestor legături.

O primă modalitate a fost cea clasică a vizitelor în licee, a vizitelor elevilor la facultate. Astfel au fost organizate prezentări ale domeniului și realizărilor departamentului în licee și de vizite în laboratoare, care au deschis orizontul acestora asupra mecatronicii, domeniu tehnic ce ar putea fi mult mai mediatizat în raport cu importanța sa economică și științifică. Un rol deosebit l-a avut organizarea unor ample acțiuni de promovare a domeniului mecatronicii în cadrul manifestării POLIFEST, organizată anual de Universitatea Națională de Știință și Tehnologie POLITEHNICA București. Cu această ocazie, grupuri de elevi din mai multe licee din București și din țară au avut ocazia să viziteze laboratoarele Departamentului de Mecatronică și Mecanică de Precizie, să cunoască o parte din cadrele didactice care activează în departament și să participe nemijlocit la o serie de activități potrivite pregătirii și vârstei lor.

În paralel au fost organizate concursuri atractive (competiții de roboți mobili, expoziții cu realizări studentești semnificative) la care vizitatorii au putut să asiste și chiar să participe, manifestările având de la an la an un succes tot mai mare (fig. 10.21).

Între timp Politehnica București a demarat mai multe manifestări în care Mecatronică are un rol important: SpaceFest, AutoFest, RoboFest.



Fig.10.21 Promovarea specializării de mecatronică în rândul elevilor în cadrul manifestării anuale POLIFEST

În același timp, cu sprijinul Asociației Studenților din facultatea de Inginerie Mecanică și Mecatronică se organizează anual (2023, 2024) un concurs mixt elevi-studenți pasionați de mecatronică. Obiectivul principal al concursului cu denumirea „HACKATHON-ul Facultății de Inginerie Mecanică și Mecatronică”, este de a populariza în rândul elevilor de liceu ariile de interes ale Facultății de Inginerie Mecanică și Mecatronică (FIMM). Tema propusă spre rezolvare către echipe mixte de elevi și studenți conduce la interacțiunea cu cât mai multe elemente din fiecare specializare a FIMM, dar și cu firmele implicate în domeniu. Tema presupune construcția, proiectarea, adăugarea unor caracteristici, programarea, design-ul, dar și alte sarcini pentru un robot mobil (sistem mecatronic), precum și a altor elemente din aria de lucru a acestuia. Dată fiind complexitatea temei, este necesară promovarea lucrului în echipă, dar și utilizarea abilităților celor înscriși în competiție. Ambele ediții ale evenimentului organizate până în prezent (edițiile 2023 și 2024) s-au bucurat de un real succes, implicând aproape 300 de elevi și studenți și fonduri de aproximativ 25000 de euro. Următoarea ediție a evenimentului va avea loc în 19 mai 2025, fiind la ora scrierii acestor rânduri în fazele incipiente ale organizării.



Fig. 10.22 Manifestarea „Hackathon FIMM” ediția 2024



Fig. 10.22 Manifestarea „Hackathon FIMM” editia 2024 (continuare)

10.8. Colaborarea cu învățământul preuniversitar

Chiar dacă inițial a reprezentat o direcție de acțiune cu potențial insuficient exploatat, colaborarea cu învățământul preuniversitar a dobândit o nouă dimensiune odată cu participarea Politehnicii București în calitate de partener la proiectul POSDRU „FLEXFORM – Program de formare profesională flexibilă pe platforme mecatronice”.

În cadrul acestui proiect, pe structura Departamentului de Mecatronică și Mecanică de Precizie a fost înființat în anul 2010 Centrul Regional de Educație și Formare Profesională Flexibilă (CREFPF) București, având ca principal scop dezvoltarea de servicii educaționale și de formare. Prin intermediul CREFPF București a fost derulat programul FLEXFORM, program de formare profesională flexibilă, pe platforme mecatronice, pentru personalul didactic din învățământul preuniversitar, în vederea dezvoltării competențelor în aplicarea tehnologiilor educaționale moderne și eficientizarea procesului de predare-învățare.

Programul de formare profesională flexibilă FLEXFORM a fost constituit din trei module distincte:

- *Modulul 1: Tehnici de informare și comunicare*, care include cursurile: C1 – “Informatică aplicată în educație și formare” și C2 – “Medii și tehnologii educaționale interactive” ;
- *Modulul 2: Platforme mecatronice pentru educație și formare flexibilă*, care include cursurile: C3 – “Tehnologie și educație mecatronică. Dezvoltare durabilă” și C4 – “Metode și tehnici de inovare și creativitate”;
- *Modulul 3: Dezvoltare tehnologică și tehnologii educaționale în societatea bazată pe cunoaștere*, constituit din cursul C5 – “Dezvoltare tehnologică și tehnologii educaționale”.



Fig.10.23 Cursuri organizate pentru cadre didactice din învățământul preuniversitar în cadrul proiectului FLEXFORM

În perioada 2010-2013 au finalizat cu succes programul de formare profesională flexibilă FLEXFORM un număr de 244 de cursanți, cadre didactice din învățământul secundar superior și inferior sau profesional și tehnic, atât din București cât și din alte județe din țară: Argeș, Bacău, Buzău, Călărași, Constanța, Dâmbovița, Dolj, Hunedoara, Ialomița, Ilfov, Olt, Prahova, Teleorman. O mare parte dintre cadrele didactice care au participat la cursuri au păstrat legătura cu Departamentul de Mecatronică și Mecanică de Precizie din Politehnica București, contribuind activ la promovarea conceptului de educație și formare în domeniul mecatronic în interiorul unităților de învățământ și localităților din care provin.

O altă formă de pregătire efectivă, utilizată pentru reconversia profesorilor de liceu, absolvenți de mecanică fină, a fost lucrarea științifică de grad I, la care majoritatea temelor au fost din domeniul mecatronicii.

10.9. Programe Educaționale

Un proiect interesant pentru aspectele didactice și crearea unei pepiniere de viitori dascăli în domeniul Mecatronicii l-a constituit proiectul: Start în carieră prin master didactic, cod MySMIS 140783. Aici, membri ai departamentului de Mecatronică și Mecanică de Precizie au

dezvoltat materialul de curs CURS TEHNIC – MECATRONICĂ, iar apoi au pregătit un laborator pentru aceste cursuri cu abordări didactice (ale beneficiarilor, viitoare cadre didactice).

Foarte important a fost proiectul “Creșterea capacității administrative a ANC și MMJS prin sistematizare și simplificare legislativă în domeniul calificărilor” cod SMIS 129872, cofinanțat prin Programul Operațional Capacitate Administrativă 2014-2020, implementat de Autoritatea Națională pentru Calificări în parteneriat cu Ministerul Muncii și Protecției Sociale. Prin acțiunile sale, proiectul și-a propus să contribuie la dezvoltarea și implementarea de standarde pentru creșterea calității educației și formării profesionale în România, prin eficientizarea fondului de reglementare pentru definirea calificărilor și prin armonizarea legislației care vizează sistemul național de calificări. În cadrul acestui proiect, una dintre cele 5 poziții de expert educație în domeniul Mecatronică a fost ocupată de unul dintre membrii Departamentului de Mecatronică și Mecanică de Precizie, care a lucrat în proiect alături de 4 colegi de la centrele universitare din Brașov, Cluj-Napoca, Timișoara și Craiova.

În cadrul aceluiași proiect, dar într-o perioadă de timp diferită s-a desfășurat și Contractul Nr.3388/10.01.2022 „Prestare servicii intelectuale elaborare/revizuire standarde ocupaționale incluse în LOT 19”. Aici departamentul de Mecatronică și Mecanică de Precizie a avut ca reprezentant un expert specialist - elaborator standard ocupațional - Inginer mecatronist.

În perioada 2022-2024, Facultatea de Inginerie Mecanică și Mecatronică a oferit programul de conversie profesională – MECATRONICĂ, domeniu de studii - Mecatronică și robotică, domeniul fundamental: Științe ingineresti. A fost un bun prilej pentru cadre didactice din mediul preuniversitar să urmeze drumul conversiei către Mecatronică.

Bibliografie

- [1] Mătieș, V. (coord.) – Platforme mecatronice pentru educație și cercetare, Editura Todesco, Cluj-Napoca, 2009, ISBN 978-973-7695-79-6, (pag.125-146).
- [2] www.mecatronica.pub.ro.

PLATFORMA NAȚIONALĂ DE MECATRONICĂ



UNIVERSITATEA TEHNICA DIN CLUJ NAPOCA

**FACULTATEA DE AUTOVEHICULE RUTIERE,
MECATRONICĂ ȘI MECANICĂ**

DEPARTAMENTUL MECATRONICĂ ȘI DINAMICA MAȘINILOR¹

**CENTRUL COORDONATOR AL PLATFORMEI
NAȚIONALE DE MECATRONICĂ**

¹ B-dul Muncii, Nr. 103-105, 400641, Cluj-Napoca, Romania, www.utcluj.ro

11. Centrul regional de excelență în mecatronică Cluj

Vistrian Mătieș, Mircea Bara, Olimpiu Hancu

11.1 Introducere

În Universitatea Tehnică din Cluj Napoca, specializarea de Mecatronică a fost autorizată provizoriu în 1991, prima serie de studenți au început cursurile în 1992. Departamentul de Mecatronică și dinamica mașinilor (MDM) aparținând Facultății de Autovehicule Rutiere, Mecatronică și Mecanică, girează pregătirea inginerescă în domeniu. Departamentul MDM girează și pregătirea inginerescă pentru specializarea: Mecanică Fină și Nanotehnologii. Specializarea Mecanică Fină - subingineri a fost înființată în anul 1976 pe platforma Uzinei Mecanice din Cugir. Specializarea Mecanică Fină - ingineri s-a înființat în anul 1990.

Din anul universitar 1996/1997 în departament a fost dezvoltat și un program de studii aprofundate, în domeniul: Metode și Mijloace Avansate în Ingineria și Managementul Asigurării Calității.

Înainte de anul 1990, din considerente de ordin administrativ, departamentul a fost reconfigurat de mai multe ori. Structura departamentului a inclus colective de cadre didactice de la diferite discipline precum: Mecanisme, Organe de Mașini, Geometrie descriptivă și Grafică inginerescă respectiv Mașini agricole.

Colectivul de cadre didactice de la disciplina de Mecanisme a suținut de-a lungul anilor cursul de Mecanisme și Organe de Mașini, precum și aplicațiile, la specializările din cadrul facultăților de Electrotehnică, Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației respectiv Automatică și Calculatoare. Specializările Automatică și Calculatoare respectiv Electronică și Telecomunicații s-au dezvoltat ca secții în cadrul Facultății de Electrotehnică din anul 1977. În anul 1990, fosta Facultate de Electrotehnică s-a divizat în trei facultăți: Facultatea de Automatică și Calculatoare, Facultatea de Electrotehnică, respectiv Facultatea de Electronică și Telecomunicații. Această colaborare a fost foarte benefică, facilitându-ne înțelegerea interferenței privind: mișcarea maselor, mișcarea electronilor respectiv a purtătorilor de informații în structura produselor și sistemelor. Experiența colegilor noștri și deopotrivă colaborarea ulterioară ne-au fost de mare folos în demersurile pentru dezvoltarea specializării de Mecatronică.

Începând cu luna octombrie 2011, ca urmare a reorganizării Universității Tehnice din Cluj-Napoca (în baza LEN nr.1/2011), s-a constituit Departamentul de Mecatronică și Dinamica Mașinilor. Departamentul integrează Catedra de Mecanisme, Mecanică Fină și Mecatronică și colectivul disciplinei de Educație Fizică și Sport. Colectivul Catedrei de Educație Fizică și Sport a funcționat mai întâi în cadrul Facultății de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației. Din anul 2010, catedra a fost subordonată Facultății de Mecanică, asigurând tuturor studenților din Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca susținerea activităților didactice la disciplina Educație Fizică și Sport.

În prezent, Departamentul de Mecatronică și Dinamica Mașinilor girează pregătirea studenților la ciclul de licență (4 ani) pentru specializările: *Mecanică Fină și Nanotehnologii* respectiv *Mecatronică*. De asemenea, coordonează două programe de master (2 ani): *Ingineria Sistemelor Mecatronice* și *Inginerie de Precizie și Managementul Calității*. Programele de masterat au fost dezvoltate începând cu anul universitar 2009/2010.

Pe lângă activitățile didactice în legătură cu specializările menționate, departamentul susține activitățile didactice privind disciplinele:

- *Mecanisme și dinamica mașinilor* - la toate specializările din domeniile: Inginerie mecanică, Inginerie industrială, respectiv Știința și Ingineria Materialelor;
- *Mecanisme* - la toate specializările de la Facultatea de Inginerie Electrică;
- *Inginerie Mecanică* (română și engleză) - la Facultatea de Automatică și Calculatoare;
- *Biomecanică, Ingineria Reabilitării* - la specializarea: Inginerie Medicală din cadrul Facultății de Inginerie Electrică.

Personalul departamentului

Prof. Dr. Ing. Mircea BARA – Director de Departament

Prof. Dr. Ing. Cornel BRIȘAN – conducător de doctorat în domeniul Inginerie industrială

Prof. Dr. Ing.Dr.H.C. Vistrian MĂTIEȘ – Profesor asociat, conducător de doctorat- domeniul Inginerie mecanică

Prof. Dr. Ing. Dan MÂNDRU – conducător de doctorat în domeniul Inginerie mecanică

Prof. Dr. Ing. Olimpiu TĂTAR – conducător de doctorat domeniul
Inginerie mecanică
Conf. Dr. Ing. Olimpiu HANCU
Conf. Dr. Ing. Simona NOVEANU
Conf. Dr. Ing. Ciprian LĂPUȘAN
Conf. Dr. Ing. Călin RUSU
Conf. Dr. Ing. Sergiu STAN
Conf. Dr. Ing. Emil TEUȚAN
Șef Lucr. Dr. Ing. Radu DONCA
Sef Lucr.. Dr. Ing. Sorin BESOIU
Șef. lucr. Dr. Ing. Alin PLEȘA
Șef Lucr. Dr. ing. Ciprian RAD
Șef Lucr. Dr. Ing. Alexandru IANOȘI
Ing. Ovidiu RAD
Laborant-Ing. Liliana FEREZAN

11.2 Programe de cercetare

Principalele direcții de cercetare ale departamentului sunt: Mecanisme și Dinamica Mașinilor, Mecatronică, Robotică și Sisteme Robotizate, Biomecatronică, Transmisii speciale, Fiabilitatea și mentenanța sistemelor mecatronice, Tehnologii educaționale. În anul 2003 a fost acreditat de către CNCIS Centrul de Cercetare în Mecatronică.

În prezent la nivelul departamentului este acreditată Platforma de Cercetare în Mecatronică. Aceasta include următoarele structuri de cercetare:

- Laboratorul de Cercetare în Mecatronică și Energie;
- Laboratorul de Cercetare pentru Sisteme Inteligente Reconfigurabile și de Navigație Autonomă;
- Laboratorul de Cercetare pentru Mecanisme, Mașini și Inginerie Inovativă.

În departament există patru conducători de doctorat, sub îndrumarea cărora își desfășoară activitatea de cercetare 14

doctoranzi în stagiul. Temele tezelor de doctorat acoperă principalele direcții de cercetare ale departamentului.

Este important de subliniat că, activitatea de conducere de doctorat în catedră a început în anul 1973, sub îndrumarea regretaților: Prof. dr. doc. șt. ing. Imre Szekely și Prof. dr. doc. șt. ing. Desideriu Maroș. Echipa s-a lărgit prin obținerea dreptului de a conduce doctorat în 1992

a regretatului Prof. dr. ing. Viorel Handra-Luca. În 1977 s-a susținut prima teză de doctorat în catedră. Înainte de 1990 doctoranzii erau colegi din mediul universitar, dar și specialiști din industrie. Pe lângă standurile experimentale care au completat infrastructura pentru educație și cercetare a departamentului, unele teze s-au finalizat cu produse omologate și introduse în fabricație de către întreprinderile de profil. Astfel, se pot aminti: reductoarele cicloidale, reductoarele armonice, pompele și compresoarele elicoidale, diferite scule speciale și dispozitive, pentru prelucrarea și controlul roților dințate etc.

În continuare se prezintă succint proiectele de cercetare dezvoltate în departament în ultimele două decenii.

Proiecte de cercetare naționale:

- *Cercetări privind dezvoltarea sistemelor robotizate cu aplicații în realizarea artificială a simțului tactil*, Grant CNCISIS tip G, Director: Prof. Dr. Ing. Cornel BRIȘAN, 2004-2006;
- *Cercetări privind interfațarea sistemelor mecatronice*, grant CNCISIS tip A Nr.1056, Director: Prof. Dr. Ing. Radu BĂLAN, 2004- 2006;
- *Studii și cercetări privind proiectarea, modelarea și simularea pe calculator a angrenajelor speciale, sculelor, dispozitivelor aferente și execuția lor*, Grant CNCISIS Tip A, Director: Prof. Dr. Ing. Vencel CSIBI, 2005-2007;
- *Cercetări privind procesul de integrare și interfațare în mecatronică*, Grant CNCISIS tip BD Nr. 55/2006, Director: Asist. Drd. Ing. Ciprian LĂPUȘAN, 2006-2007;
- *Cercetări privind dezvoltarea unui sistem interactiv pentru învățarea alfabetului Braille și a dactilemelor specifice limbajului mimico-gesticular*, Grant CNCISIS, Tip A, nr. 2783/2006, Director: Prof. Dr. Ing. Dan MÂNDRU, 2006-2007;
- *Modelarea, simularea și realizarea minirobotilor mobili cu structură adaptabilă*, grant CNCISIS tip A Nr. 2783, Director: Conf. Dr. Ing. Olimpiu TĂTAR, 2006-2007;
- *Platformă de modelare, simulare și control cu aplicații în mecatronică*, grant CEEX/112 2006, Director: Prof. Dr. Ing. Radu BĂLAN, 2006-2008;
- *Sisteme pneumatice avansate de acționare precisă în robotică și în alte aplicații industriale bazate pe dezvoltarea de noi tipuri de servodistribuitoare proportionale în concepție mecatronică*, grant

CEEX/89, 2006, Responsabil științific: Prof. Dr. Ing. Vistrian MĂTIES, 2006-2008;

- *Sisteme mecanice noi pentru creșterea eficienței conversiei energiei solare în energie electrică*, grant CEEEX 752, 2006, Responsabil științific: Prof. Dr. Ing. Vistrian MĂTIES, 2006-2008, Coordonator Universitatea „Transilvania” Brașov;
- *Creșterea eficienței conversiei energiei solare în platforme fotovoltaice orientabile*, grant PN-II Parteneriate 21-003, 2007, Responsabil științific: Prof. Dr. Ing. Vistrian MĂTIES, 2007-2010, Coordonator: Universitatea „Transilvania” Brașov;
- *Sistem robotic miniatural cu abilități de reconfigurare și auto-multiplicare (ROMAR)*, Grant CE-EX Nr. 91/2006, Responsabil științific: Prof. Dr. Ing. Dan MÂNDRU, 2006-2008;
- *Cercetări privind procesul de integrare și interfațare în mecatronică*, grant CNCISIS tip TD 533/2006 CNCISIS, Director: Asist. Drd. Ing. Ciprian LĂPUȘAN, 2007-2008;
- *Cercetări privind dinamica sistemelor mecatronice complexe*, Grant CNCISIS tip TD Nr.522, Director: Asist. Drd. Ing. Sorin BESOIU, 2007-2008;
- *Laborator regional multifuncțional de mecatronică*, grant PN II Program Capacități Nr. 111/ CP / I, Director: Prof. Dr. Ing. Vistrian MĂTIES, 2007-2009;
- *Sisteme mecatronice de acționare realizate cu noi tipuri de actuatori pentru aplicații în robotică și în alte domenii*, grant PN II Parteneriate 71-129, Director Prof. Dr. Ing. Vistrian MĂTIES, 2006-2010;
- *Cercetări privind Controlul Avansat cu Aplicații în Mecatronică*, grant PN-II Idei ID 1072, Director: Radu BĂLAN, 2007-2010;
- *Cercetări privind dezvoltarea unor mașini unelte cu topologie paralelă reconfigurabilă*, grant PN-II Idei ID 1075, Director: Prof. Dr. Ing. Cornel BRIȘAN, 2007-2010;
- *Modelarea, simularea și realizarea unor familii de sisteme robotizate pentru inspecție și explorare*, grant PN-II Idei-ID Nr.1056, Director: Conf. Dr. Ing. Olimpiu TĂTAR, 2007-2010;
- *Dezvoltarea unei familii modularizate de actuatori liniari și rotativi pe bază de aliaje cu memoria formei*, grant PN-II Idei ID-1076, Director: Prof. Dr. Ing. Dan MÂNDRU, 2007-2009;

- *Cercetarea și dezvoltarea de sisteme de poziționare robotice ultraprecise cu mobilitate extinsă*, grant PN-II Parteneriate Nr. 71-024, Director: Prof. Dr. Ing. Cornel BRIȘAN, 2007-2011;
- *Cercetari privind controlul bazat pe model cu aplicații în mecatronică*, grant CNCSIS Nr. 331, Director: Drd. Ing. Radu DONCA, 2008-2010;
- *Implementarea efectului de memorie a formei în sisteme mecatronice inteligente utilizând aliaje avansate obținute prin metalurgia pulberilor-AFMF*, grant PN-II Parteneriate Nr. 72-224, Director: Prof. Dr. Ing. Radu BALAN, 2008-2011;
- *Sistem informatic suport pentru proiectarea, implementarea și controlul fermelor energetice hibride*, grant PN-II Parteneriate Nr. 22134, Director: Prof. Dr. Ing. Radu BALAN, 2008-2011
- *Modelarea, simularea și controlul mini și micromecanismelor compliante*, grant PN-II Idei Nr. 221, Director Prof. Dr. Ing. Vencel CSIBI, 2008-2011;
- *FlexFORM-Program de formare profesională flexibilă pe platforme mecatronice*, Proiect POSDRU-ID-64069, Manager: Prof.dr.ing.Vistrian MĂTIEȘ, 2010-2013
- *Proiectarea, realizarea și experimentarea unui sistem mecatronic de monitorizare multispectrală a stării de vegetație a culturilor agricole –MoniCult*. Proiect PN-II-PT-PCCA-2013-4, Contract nr.225/2014. Responsabil științific: Sef.lucr.dr.ing. Olimpiu Hancu, 2014-2017.

11.3 Programe de cooperare la nivel național

Prin activitățile educaționale și de cercetare, departamentul a fost în permanență bine angrenat în circuitul științific la nivel național. Școala clujeană de mecanisme a colaborat eficient cu școlile de mecanisme din centrele universitare: Brașov, București, Craiova, Galați, Iași și Timișoara. Colaborarea s-a amplificat prin dezvoltarea în departament a specializărilor de Mecanică Fină și Mecatronică.

În ultimii ani colaborarea s-a concretizat prin parteneriate în cercetare în cadrul proiectelor din programul CEEEX și PN-II. Astfel de parteneriate s-au derulat și sunt în derulare cu departamentele de specialitate din Brașov, București, Iași și Timișoara.

O componentă importantă a cooperării interuniversitare la nivel național o reprezintă participarea la manifestările științifice naționale și internaționale găzduite în țară precum:

PRASIC – simpozion național inițiat și găzduit de către catedra de Design de Produs și Robotică a Universității Transilvania din Brașov;

MTM – conferință inițiată de către departamentul de Mecatronică a Universității Politehnica din Timișoara. Conferința se desfășoară itinerant, ediția 2004 a avut loc la Cluj-Napoca;

COMEFIN – conferință inițiată de către catedra de Mecanică Fină și Mecatronică a Universității Politehnica București. Conferința se desfășoară itinerant, ediția 2006 a avut loc la Cluj-Napoca;

SYROM – simpozion internațional care se organizează între două congrese IFToMM – simpozionul a fost inițiat și găzduit de către catedra de Teoria Mecanismelor și Roboților a Universității Politehnica din București;

Conferința internațională de Roboți și Robotică, inițiată de catedra de Teoria Mecanismelor și Roboților a Universității Politehnica din București. Ediția 2010 a avut loc la Cluj-Napoca.

ACME-Concepte Avansate în Ingineria Mecanică, conferință internațională reprezintă o altă oportunitate pentru dezvoltarea cooperării interuniversitare la nivel național și internațional. Conferința este organizată de către Universitatea Tehnică „Ghe.Asachi” din Iași.

Alte aspecte ale cooperării interuniversitare la nivel național vizează: inițierea și organizarea Seminarilor Naționale de Mecatronică cu tema: Valențele creatoare ale educației mecatronice (2002, 2003, 2004, 2005) și inițierea și găzduirea primei olimpiade naționale de mecatronică la nivel universitar (octombrie 2002). La olimpiadă au participat șase echipe din centrele: București (Politehnica și Universitatea Tehnică de Construcții), Cluj-Napoca, Iași, Sibiu și Timișoara. Echipa de arbitri a fost din Brașov. Olimpiada a fost organizată după regulamentul olimpiadelor internaționale, cu suportul FESTO România, filială a concernului FESTO din Germania. Concernul FESTO din Germania asigură suportul logistic pentru olimpiadele internaționale de mecatronică. Aceste olimpiade au loc bienal, sub egida Organizației Internaționale pentru Training Vocațional (IVTO).

Un moment inedit al cooperării interuniversitare a fost marcat de organizarea Primului Seminar Național cu tema: Educație pentru Integrare - Integrare prin Educație. Seminarul a fost găzduit de către Universitatea “1 Decembrie 1918” din Alba Iulia (30 noiembrie 2003) și a fost inclus în programul manifestărilor cultural - științifice dedicate aniversării a 85 de ani de la Marea Unire. Cu această ocazie a fost lansată

propunerea de proiect cu tema: Program Național de Educație pentru Integrare.

Începând din anul 2006, la inițiativa catedrei de Design de Produs și Robotică a Universității Transilvania din Brașov se organizează Seminarul Național de Mecanisme.

Seminariile creează cadrul pentru analiză și dezbateri pe teme privind didactica disciplinei și cercetarea în domeniu, în acord cu cerințele privind dezvoltarea tehnologică și pregătirea inginerească în contextul societății bazate pe cunoaștere. În 2016, departamentul nostru a găzduit al 11-lea Seminar Național de Mecanisme.

În aprilie 2010, Catedra de Mecanică Fină și Mecatronică a Universității Transilvania din Brașov, a lansat ideea și a organizat prima ediție a manifestării: „Zilele Educației Mecatronice”. Manifestarea devenită tradițională (editia a-12-a, 2024 a fost găzduită de către Universitatea Națională de Știință și Tehnologie POLITEHNICA București). Programul manifestării cuprinde: Olimpiada Națională de Mecatronică, sesiune științifică studentescă, competiție de proiecte și produse mecatronice realizate de studenți precum și expoziție de produse și sisteme mecatronice ale firmelor din domeniu. Manifestările organizate sub acest generic creează premisele înscrierii și participării României la Olimpiadele Internaționale de Mecatronică.

11.4 Programe de cooperare internaționale

Raportarea la standardele internaționale privind cercetările a fost o idee centrală care a guvernat demersul educațional și științific în departament. Înainte de 1989 cooperarea internațională a avut limitările cunoscute. În domeniul mecanismelor erau de referință Congreșele IFToMM (Federația Internațională pentru Știința Mașinilor și Mecanismelor). Membrii departamentului au participat cu lucrări la toate edițiile Congreselor IFToMM, începând cu congresul de constituire a IFToMM, 27 sept. 1969, Zaczopane, Polonia

După 1990, cooperarea internațională a devenit o nevoie majoră. Proiectele TEMPUS (1992-1998) și proiectele co-finanțate de Banca Mondială (1997-2002) au asigurat suportul financiar pentru programele de mobilitati externe. Aceste programe au vizat stagii de studiu și documentare în laboratoare de mecatronică de anvergură din Europa, SUA și Japonia.

Deosebit de eficiente prin rezultatele ulterioare au fost stagiile de documentare la: Universitatea Liberă din Bruxelles și Universitatea

Catolică din Leuven (Belgia) respectiv la Institutul de Mecatronică din Duisburg (Germania) precum și la Institutul Francez de Mecanică Avansată (IFMA) din Clerrmont - Ferrand. Stagiile de documentare la Michigan University An Arbor și MIT în SUA precum și cele de la Institutul de Tehnologie Kyushu, Institutul de Tehnologie al Universitatii din Osaka, au contribuit major la înțelegerea și promovarea filosofiei mecatronice, în educație și cercetare - dezvoltare tehnologică.

Internaționalizarea și globalizarea, provocările societății bazate pe cunoaștere, precum și provocările lansate prin Strategiile: „UE 2020”, Lisabona

precum și Agenda ONU 2030 privind dezvoltarea sustenabilă, aduc în centrul atenției problemele privind educația și formarea profesională ca motor al dezvoltării inteligente, durabile și favorabile incluziunii.

Dezvoltarea producției de cunoaștere, creșterea productivității muncii în domeniu impun demersuri pentru promovarea noilor tehnologii educaționale centrate pe competențe, stimularea inițiativei, creativității și a spiritului antreprenorial. Astfel, învățarea transdisciplinarității și promovarea conceptului de educație integrală sunt provocări majore în educație, formare și cercetare-dezvoltare tehnologică.

În acest context parteneriatul nostru cu principalii vectori ai mișcării pentru promovarea transdisciplinarității pe plan internațional: CIRET și Academia pentru Învățarea Transdisciplinarității și Studii Avansate (www.theatlas.org), din cadrul Universității Tehnologice Lubbock, Texas, reprezintă oportunitati la nivel național, pentru dezvoltarea și promovarea noilor tehnologii educaționale. În iunie 2018, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca a fost partener și coorganizator al Conferinței Internaționale ATLAS. Conferința a fost găzduită de către Universitatea Babeș-Bolyai. În 2020, pe structura ATLAS s-a înființat R&B Institute. UTC-N este membru fondator al acestui institut alături de alte nouă universități. Institutul are drept obiectiv principal dezvoltarea unei mișcări care să antreneze studenții de pe toate meridianele globului pentru a participa la rezolvarea problemelor complexe privind dezvoltarea sustenabilă, cu care se confrună omenirea.

În continuare se prezintă succint principalele proiecte și acorduri de cooperare internațională:

Proiecte de cercetare internationale:

- *Mathematical modeling and experimental research on anthropomorphic parallel robots*, Grant finantat de Fundatia Alexander von Humboldt, Director Romania: Prof. Dr. Ing. Cornel Brisan, 2003-2006, Proiect în parteneriat cu Univ. Duisburg-Essen, Germania;
- *Mainstreaming the model for flexible industrial training (MoFIT2)*, Proiect LEONARDO DA VINCI (LDV II), nr. IE/04/B/F/PP-153207, Director Romania: Prof. Dr. Ing. Vistrian Măties, 2004-2007;
- *The Digital Enviroment Home Energy Management System*, Proiect FP7 Nr. 224609/2008, Director Romania: Prof. Dr. Ing. Radu Bălan, 2008 - 2011.

Proiectul a vizat abordări privind modul în care tehnologia poate îmbunătăți eficiența utilizării energiei casnice (<http://www.dehems.eu/>). Parteneriatul proiectului a inclus autorități locale, firme private și universități din Europa. Proiectul a reprezentat o prima inițiativă a „UK Greenshift Government Taskforce” și a reunit organizații publice, private și non-profit, într-un program comun de maximizare a realizărilor IT, cu scopul atingerii obiectivelor strategiei” UE 2020” privind reducerea emisiilor de carbon.

Proiectul, coordonat de către Consiliul Orașului Manchester, a dezvoltat o nouă generație de sisteme inteligente de contorizare pentru locuințe. Aceste sisteme au fost testate în peste 200 de locuințe uzuale („Living Labs”) din Marea Britanie și Bulgaria, urmărindu-se reducerea facturii de energie prin utilizarea de noi soluții de urmărire on-line a consumului energetic. Centrul de monitorizare a asigurat informații privind utilizarea energiei prin intermediul TV, PC și telefonie mobilă.

- *Reshaped Partnerships for Competitiveness and Innovation Potentials in Mechanical Engineering (RePCI)*, Tip - Erasmus - Knowledge Alliances, Index: 540425-LLP-1-2013-1-FI-ERASMUS-EKA (2013-2015), Coordonator Romania: Prof. dr.ing. Dan Mandru.
- *Joint MSc in Electrical Engineering (JMEE)* Proiect Tempus nr.544644- Tempus-1-2013-UK-TEMPUS-JPCR Director Romania: Prof. Dr. Ing. Radu Bălan (2013-2016).

Proiectul a avut drept scop, susținerea efortului a trei universități palestinene în dezvoltarea unui program sustenabil de Master în domeniul ingineriei electrice.

Universitățile partenere din UE sunt: University of Salford, Marea Britanie, Technical University of Cluj-Napoca, Romania, University of Ruse Angel Kanchev, Bulgaria, Ecole Supérieure des Technologies Industrielles Avancées, Franța iar din Palestina: Birzeit University, Palestine Polytechnic University și Palestine Technical University precum și partenerii palestinieni din mediul economic: Palestinian Information Technology Association of Companies, Jerusalem District Electricity Company.

Echipa UTC-N are responsabilități directe privind realizarea modulelor educaționale: “Modern Control” (responsabil modul prof.dr.ing. Radu Balan) și “Advanced Motor Drives and Applications” (responsabil modul dr.ing. Radu Donca).

Doctoratul în cotutelă, reprezintă un demers științific foarte benefic deopotrivă pe componente de cercetare și educaționale. Un astfel de demers s-a finalizat în 2012 prin susținerea tezei cu titlul: *Research Concerning Theoretical Development and Experimental Validation of Reconfigurable Haptic Interfaces for Virtual Reality*, Conducător Științific: Prof.Dr.Ing. Cornel Brișan și Prof.Dr.Ing. Alexander Verle de la ISW Stuttgart.

O experiență deosebit de utilă a constituit-o angajarea departamentului în susținerea programului academic al cursurilor de vară de mecatronică (2002, 2003, 2005, 2009). Aceste cursuri au fost organizate de grupul local BEST (Board of European Students of Technology). Participanții au fost studenți din universități europene, membre BEST.

În anul 2007, a început colaborarea departamentului cu Centrul Internațional de Cercetări și Studii Transdisciplinare din Paris (CIRET), condus de către Acad. Basarab Nicolescu. Cercetările vizează abordări privind valorificarea potențialului mecatronicii ca mediu pentru învățarea transdisciplinarității și educație integrală.

11.5 Experiența în colaborarea cu învățământul preuniversitar

Colaborarea cu învățământul preuniversitar a început în parteneriat cu Departamentul pentru Pregătirea Personalului Didactic al Universității Tehnice, în legătură cu examenele de definitivat, gradul II și gradul I, pentru profesorii care au optat pentru disciplinele: Mecanisme, Mecanică Fină sau Educație Tehnologică.

Un moment important în demersurile pe această linie l-a constituit lansarea cursurilor postuniversitare de Educație Tehnologică pentru profesorii din învățământul preuniversitar. Aceste cursuri au început în octombrie 1999, în baza OMEN nr.3971/12.06.1998. *Planul de învățământ conceput anterior, a fost reconfigurat prin introducerea disciplinelor specifice domeniului mecatronică.* În universitatea noastră, Departamentul pentru Pregătirea Personalului Didactic a asigurat cadrul organizatoric, iar Departamentul de Mecatronică și dinamica mașinilor a asigurat suportul logistic pentru aceste activități.

Cursurile cu durata de 4 semestre, s-au desfășurat în perioada 1999-2006 și, au fost absolvite de peste 600 profesori din învățământul preuniversitar din județele din partea de nord-vest a țării. Activitățile desfășurate au fost excelente oportunități pentru promovarea filosofiei mecatronice în învățământul preuniversitar. În anii următori, colaborarea cu absolvenții cursurilor a continuat în legătură cu examenul de definitivat, gradul II și gradul I la disciplina Educație tehnologică.

Prin OMEN 3872/24.05.2000 – cu privire la proiectul MECATRONICA XXI, a fost lansată ideea înființării a șapte Centre Regionale de Educație Mecatronică, incluzând câte o unitate reprezentativă din învățământul preuniversitar, sub patronajul universităților din locația respectivă. Au fost nominalizate centrele și universitățile după cum urmează: Universitatea “Transilvania” din Brașov, Universitatea Politehnică București, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca (coordonator) Universitatea din Craiova, Universitatea “Dunărea de Jos” din Galați, Universitatea Tehnică “Gh. Asachi” din Iași, și Universitatea Politehnică Timișoara. În etapa următoare, din păcate, nu s-au asigurat resursele financiare pentru dezvoltarea acestor centre.

Ideea lansată prin acest ordin a stimulat cooperarea interuniversitară, creându-se o stare de spirit care a fost hotărâtoare pentru dezvoltarea ulterioară. În colaborare cu firma FESTO, universitățile au dezvoltat programe de training pentru personalul din industrie. Începând din anul 2001 s-au înființat clase de mecatronică în unele Grupuri Școlare și Colegii Tehnice. Acestea pregătesc tehnicieni mecatroniști.

În 4-5 iunie 2009, Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca a găzduit Prima Conferință Națională de Educație Tehnologică și Tehnologii Educaționale (CNETTE-2009 www.cnette.utcluj.ro). Conferința a fost organizată de către Departamentul de Mecatronică și dinamica mașinilor și Departamentul pentru Pregătirea Personalului Didactic, în colaborare cu:

- Centrul Internațional de Cercetări și Studii Transdisciplinare, Paris
- Universitatea "Transilvania" din Brașov - Catedra de Mecanică Fină și Mecatronică; Catedra Design de Produs și Robotică
- Universitatea "Politehnica" din București - Catedra de Mecatronică și Mecanică de Precizie
- Universitatea Tehnică de Construcții București - Departamentul pentru Pregătirea Personalului Didactic
- Universitatea din Craiova - Catedra de Mecatronică
- Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași - Catedra de Organe de Mașini și Mecatronică
- Universitatea "Dunărea de Jos" din Galați - Catedra de Robotică și Sudare
- Universitatea "Politehnica" din Timișoara - Departamentul de Mecatronică
- Inspectoratele școlare județene: Alba, Bihor, Bistrița-Năsăud, Cluj, Hunedoara, Maramureș, Mureș, Satu-Mare, Sălaj

Lucrările conferinței s-au desfășurat sub egida Ministerului Educației, Cercetării și Inovării și a Academiei de Științe Tehnice din România pe următoarele secțiuni:

- Locul și rolul Educației tehnologice în aria curriculară Tehnologii;
- Tehnologii educaționale integratoare pe platforme mecatronice;
- Politici și programe educaționale în societatea bazată pe cunoaștere.

În perioada 2-5 iunie 2009, în holul Facultății de Mecanică a fost organizată o expoziție funcțională de: Platforme mecatronice pentru educație și cercetare. La adresa www.cnette.utcluj.ro, se prezintă imagini relevante de la lucrările conferinței și din expoziție. [2]

Conferința și-a propus drept scop: definirea cadrului abordărilor privind dezvoltarea și promovarea noilor tehnologii educaționale. Pregătirea resurselor umane înalt calificate care să asigure dezvoltarea inteligentă, durabilă și favorabilă incluziunii, necesită noi concepte, metode și mijloace pentru susținerea activităților educaționale, de formare continuă și reconversie profesională. În societatea bazată pe cunoaștere demersurile pentru dezvoltarea gândirii sistemice, integratoare sunt la fel de importante ca și deprinderea scrisului și cititului.

Participarea colegilor din învățământul preuniversitar la organizarea și lucrările conferinței a facilitat demersurile pentru

articularea mecanismului educațional precum și transferul tehnologic în educație.

În pregătirea și organizarea conferinței am fost consiliați de către domnul academician Basarab Nicolescu, prezent în Cluj-Napoca în lunile aprilie-mai 2009 cu ocazia activităților privind cursul: Metode generale de cercetare – științe umane și științe exacte. Acest curs se predă la școala doctorală „Paradigma europeană” din cadrul Facultății de Studii Europene a Universității Babeș-Bolyai.

Domnul academician Basarab Nicolescu, președinte fondator al Centrului Internațional de Cercetări și Studii Transdisciplinare (CIRET) din Paris, este fizician, filosof și scriitor francez de origine română. Domnia sa este Cetățean de Onoare al municipiului Cluj-Napoca și Doctor Honoris Causa al Universității Tehnice din Cluj-Napoca. Colaborarea cu Departamentul de Mecatronică și dinamica mașinilor a început în anul 2007, în cadrul unui proiect de cercetare cu tema: Mecatronica-mediul pentru învățarea transdisciplinarității și educație integrală.

Conferința a marcat și un jubileu: zece ani de educație tehnologică sub incidența mecatronicii. În martie 1999 Universitatea Politehnica din București a găzduit Primul Seminar Național de Mecatronică. Cu această ocazie, în baza Ordinului 3205/03.02.1999 al Ministrului Educației Naționale, s-a înființat Consiliul Național pentru Educație Tehnologică și Inovare. Consiliul și-a propus ca obiectiv principal elaborarea unui Program Național de Educație Mecatronică.

În perioada 8-11 mai 2012 Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca a găzduit a doua ediție a CNETTE. Programul conferinței a inclus două secțiuni:

- Platforme mecatronice pentru educație și formare profesională flexibilă;
- Mecatronică și transdisciplinaritate.

În paralel cu lucrările conferinței s-au desfășurat lucrările din programul manifestării: Zilele Educației Mecatronice”, ediția a-3-a.

Un alt moment important în consolidarea cooperării universitar – preuniversitar cât și a cooperării interuniversitare a fost determinat de parteneriatul pentru dezvoltarea proiectului POSDRU *FlexFORM* Program de formare profesională flexibilă pe platforme mecatronice. Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca a fost coordonatorul proiectului, iar Universitatea ”Transilvania” din Brașov, Universitatea Politehnica București, Universitatea din Craiova, Universitatea ”Dunărea de Jos” din Galați, Universitatea Tehnică ”Gh.Asachi” din Iași, Universitatea Politehnică Timișoara, precum și firma FESTO Romania au fost

parteneri. Programul de formare, acreditat prin OMECTS nr.4486/23.06.2011 a fost urmat de către 1500 profesori de fizică, matematică-informatică, chimie-fizică și discipline tehnologice, din toate județele țării. Activitățile de formare s-au desfășurat în Centrele Regionale pentru Educație și Formare Profesională pe Platforme Mecatronice (CREFPPM), înființate în fiecare dintre universitățile partenere în proiect și, integrate în structura Departamentelor de Mecatronică ale universităților, încă din luna septembrie 2010. Proiectul a intrat în execuție la 01.09.2010. În septembrie 2015, a fost onorată cererea de rambursare finală.

Privind colaborarea cu mediul preuniversitar este relevant de subliniat că, zece profesori din învățământul preuniversitar și-au susținut doctoratul în departament.

Punerea în funcțiune a Laboratorului mobil de mecatronică (2010), a deschis noi oportunități privind această colaborare. Descinderile în școli din județul Cluj și din județele învecinate unde au fost susținute demonstrații pe baza diferitelor structuri de platforme mecatronice din dotarea laboratorului, au fost deosebit de apreciate deopotrivă de către elevi și profesori.

Astfel de laboratoare funcționează în Japonia și în SUA. În Europa firma FESTO are două laboratoare mobile de tip industrial, care sunt exploatate după un program foarte riguros, fiind utilizate pentru promovarea de produse și tehnologii noi. Laboratoarele au locațiile de bază în Danemarca respectiv Spania. În România unul dintre aceste laboratoare a fost prezent în mai multe rânduri după anul 2005.

11.6 Structura platformei de mecatronică

Pe măsura pătrunderii tainelor filosofiei mecatronice, activitățile educaționale și de cercetare au fost orientate în acord cu standardele consacrate în domeniu. Laboratoarele catedrei au fost configurate și integrate într-o veritabilă platformă de mecatronică. Configurarea laboratoarelor s-a făcut în acord cu cerințele disciplinelor din planurile de învățământ ale programelor de studii girate de către departament ținând seama și de activitățile specifice de cercetare. Aceste laboratoare sunt:

- Mecanisme și dinamica mașinilor;
- Servosisteme hidraulice și pneumatice, senzori și achiziții de date;

- Electronică aplicată și Sisteme de control. Tehnologii de prototipare rapidă a controlului;
- Robotică și sisteme robotizate;
- Biomecatronică, Acționări în mecanică fină și mecatronică, Echipamente periferice și aparatură de birotică;
- Aparate și sisteme de măsurare, Tehnici și sisteme de măsurare;
- Proiectare asistată de calculator;
- Tehnologii de prototipare rapidă la scară a sistemelor mecatronice;
- Laboratorul mobil de mecatronică.

Structurarea laboratoarelor sub această formă a fost impusă și din considerente de spațiu disponibil. În activitățile educaționale și de cercetare avem în vedere marele câștig adus de mecatronică: desființarea granițelor dintre laboratoare și stimularea efectului de sinergie.

Infrastructura (echipamentele și aparatura) din dotarea laboratoarelor permit desfășurarea activităților educaționale și de cercetare la standardele consacrate pe plan internațional. Detalii privind caracteristicile tehnice, potențialul educațional și de cercetare al acestor echipamente precum și software - ul specific, sunt prezentate în lucrarea [1]

De asemenea, la adresa: www.cnette.utcluj.ro se găsesc poze și filme de la expoziția realizată cu ocazia CNETTE-2009. Imaginile sunt relevante privind potențialul educațional și deopotrivă de cercetare al platformelor mecatronice.

În continuare se prezintă succint două dintre realizările recente, care, deschid noi perspective deopotrivă, în activitățile educaționale și de cercetare. Acestea sunt: Laboratorul de Tehnologii de prototipare rapidă la scară a sistemelor mecatronice și Laboratorul mobil de mecatronică

11.7 Laboratorul de Tehnologii de prototipare rapidă la scară a sistemelor mecatronice

11.7.1 Descrierea laboratorului

Laboratorul asigură platforma necesară desfășurării activităților didactice și de cercetare în domeniul tehnologiilor de prototipare rapidă la scară. Prin definiție structurile mecatronice reprezintă sisteme complexe, complexitatea determinată de integrarea celor trei module de bază: mecanică, electronică, informatică. Prototiparea rapidă este o etapă intermediară între prototipul virtual și modelul real.

În activitățile menționate, în ultimii ani au cunoscut o amplă dezvoltare tehnologiile bazate pe echipamente LEGO. Aceasta se explică prin faptul că acestea permit crearea de prototipuri la scară, de la cele mai simple mecanisme cu pârghii, scripeți și roți dințate, până la structuri complexe, având în componență actuatori, senzori și controllere dedicate. Modulele din componența echipamentelor LEGO sunt concepute astfel încât permit integrarea prin formă, pentru realizarea diferitelor modele funcționale. Învățarea prin cercetare în mecatronică, utilizând echipamentele pe bază de module LEGO, este larg răspândită. În realizarea diferitelor produse pe bază de componente LEGO se pot înțelege relativ ușor particularitățile privind integrarea hardware și software. De asemenea se poate urmări materializarea principiilor care stau la baza procesului de integrare.

Dotările din cadrul laboratorului includ: software de uz general și specializat, sistem multimedia de afișare (videoproiector Acer), tablă de tip whiteboard cu suprafață magnetică, 10 sisteme de calcul, echipamente didactice specifice și componente LEGO ce permit prototiparea rapidă la scară a structurilor mecatronice și a sistemelor mecanice în ansamblu.



Fig.11.1 Laboratorul de prototipare rapidă

11.7.2 Dotarea laboratorului

- echipamente **LEGO Mindstorms NXT** inteligente. Integrează atât componente mecanice din gama LEGO Tehnic cât și componente electronice precum: a) controller inteligent LEGO NXT, b) servomotoare de curent continuu, c) senzori de atingere, d) senzori de lumină, e) senzori de sunet și f) senzori ultrasonici;
- echipamente **LEGO Dacta RCX**. Contin dar nu se limitează la: a) controller inteligent LEGO RCX 2.0, b) motoare de curent continuu cu

reductor inclus, c) micromotoare de curent continuu, d) senzori de rotație, e) senzori de atingere, f) senzori de lumină, g) senzori de temperatură, h) componente lego Tehnic;

- Senzori și adaptori compatibili LEGO NXT: a) senzori de accelerație pe 3 axe, b) senzori giroscopici de rotație, c) senzori de culoare imuni la variațiile luminii ambiante, d) senzori infraroșii, d) senzori de tip busolă, e) adaptoare LEGO NXT – RCX;
- **Sistem de dezvoltare Microchip pe 16 biți** – EXPLORER 16;
- Module de tip add-on pentru sistemul Microchip Explorer 16: a) Placă grafică 320x240 cu touch-screen, b) placă ethernet, c) placă wireless, d) placă prototipare;
- Diverse microcontrollere compatibile Microchip Explorer 16, din gamele: dsPIC33, PIC24F, PIC24L și PIC32 – 32 biți;
- Sisteme de dezvoltare **ATMEL pe 32 biți** : ATSTK1000 și EVK1100;
- Sistem de dezvoltare **ARM 32/16 biți** – Olimex SAM7-EX256;
- Sisteme de dezvoltare pentru microcontrolere din familia Atmel **AVR RISC** ;
- Sisteme de dezvoltare de tip „**motor control**” produse de Microchip și Atmel;
- Sistem de dezvoltare pentru aplicații low-power **Freescale DEMOQE**;
- Osciloscop, sursă de tensiune și diverse aparate de măsură;
- Kit mobil pentru studiul celulelor **fotovoltaice** și a pilelor de combustie (**fuel-cell**);
- Diverse tipuri de senzori și actuatori;
- Retea de calculatoare de ultimă generație;
- Medii soft precum: Matlab, SolidWorks, Catia, LabView, Delphi, Robolab, NXT etc.

11.7.3 Instalații reprezentative

- Platformă mobilă pentru modelarea și controlul unui pendul invers (Segway) – LEGO;
- Platforme mobile omnidirectionale (2 variante constructive) – LEGO;
- Roboți pășitori bipezi (2 variante) și hexapozi (2 variante) – LEGO;
- Platformă mobilă pentru studiul parcării laterale automate – LEGO;
- Plotter 3D pentru suprafețe sferice – LEGO;
- Robot paralel cu 3 grade de mobilitate de tip „delta” – LEGO;
- Robot Isoglide

- Stand pentru studiul caracteristicilor diferiților senzori – LEGO;
- Platformă mobilă pentru studiul pilei de combustie cu hidrogen;
- Stand pentru studiul și testarea servomecanismelor RC;
- Stand control motoare de curent continuu de puteri medii și mari;

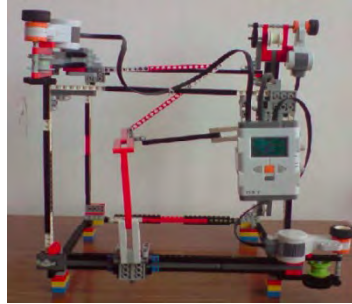


Fig.11.2 Robot Isoglide

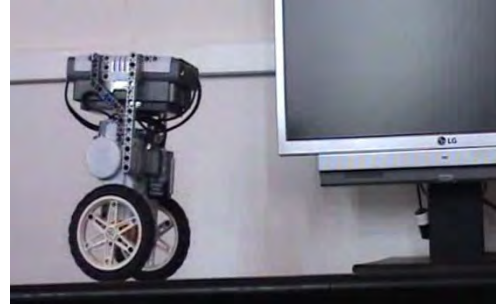


Fig.11.3 Platforma mobila Segway

11.8 Laboratorul mobil de mecatronică

11.8.1 Introducere

Laboratorul mobil de mecatronică a fost conceput și realizat în cadrul proiectului Capacități PC-111/2007 „Laborator Regional Multifuncțional de Mecatronică”, cu scopul dezvoltării infrastructurii de cercetare, în conformitate cu nevoile naționale privind crearea *Ariei naționale a cercetării și inovării, a educației și formării calificărilor*, precum și a *Platformei Naționale a Societății Civile pentru Educație și Formare Continuă*.

Autolaboratorul facilitează utilizarea eficientă a resurselor de cercetare prin crearea unei platforme de cercetare modulare cu larg spectru aplicațional: achiziționarea și prelucrarea de semnale electrice, optice și acustice, dezvoltarea tehnicilor de simulare-testare (SIL- *Software in The Loop*, HIL - *Hardware in The Loop*), a tehnicilor de identificare computerizate, proiectarea și implementarea algoritmilor de control pe diverse platforme digitale, utilizarea resurselor Matlab, generarea automată de cod, identificarea defecțiunilor prin analiză modală, achiziționarea de semnale video, prelucrarea și implementarea algoritmilor de procesare a imaginilor. Suplimentar, aparatura de la bordul autolaboratorului permite accesarea și vizualizarea parametrilor și funcțiilor platformei auto, înlocuirea unității de control electronic (ECU) prin platforma de simulare-testare dSPACE, respectiv preluarea și controlul tuturor funcțiilor autovehiculului.

Laboratorul mobil are independență energetică și informațională prin posibilitatea generării locale a energiei electrice necesare echipamentelor de cercetare, respectiv informațională, prin conectarea directă la rețeaua Internet.

Laboratorul mobil este totodată și un instrument util pentru dezvoltarea și promovarea noilor tehnologii educaționale, pentru stimularea și dezvoltarea gândirii integratoare, a interesului pentru pregătirea inginerescă.

11.8.2 Structura laboratorului mobil de mecatronică

Din punct de vedere funcțional, autolaboratorul a fost conceput ca o structură modulară, reconfigurabilă în funcție de specificul activităților desfășurate. Autolaboratorul este prevăzut cu un set de echipamente de bază care permite achiziționarea unei game largi de tipuri de date, prelucrarea avansată a acestora utilizând resurse Matlab/Simulink, prototiparea tehnicilor de control prin intermediul generatoarelor automate de cod pe platforme de dezvoltare în timp real, respectiv comunicarea și transmiterea datelor la distanță prin intermediul Internet-ului.



Fig. 11.4. Laboratorul mobil

Adițional, setul de bază permite adăugarea de noi module care să extindă sau să orienteze funcționalitatea autolaboratorului: modul de măsurare și analiză a vibrațiilor, modul de achiziție și prelucrare imagini, agenți mobili autonomi pentru achiziție date și intervenție în zone inaccesibile operatorului uman, modul de biomecatronică pentru

efectuarea de măsurători și analize biomedicale, module de acționare și microacționare electrică, respectiv piezoelectrică.

Setul de echipamente de bază cuprinde:

- Sistem de simulare, testare și prototipare funcții de control – *xPC Target Hardware* (dSpace DS1104). Se utilizează pentru prelucrarea datelor, dezvoltarea aplicațiilor de prototipare rapidă a funcțiilor de control, generarea automată de cod. Caracteristici funcționale: intrări/ieșiri analogice și digitale 8AI/8AO/32DI/32DO, comunicare USB/Ethernet/RS232, simulări HIL (Hardware in the loop), compatibilitate cu Matlab-Simulink.
- Sistem de achiziție date - permite achiziționarea unei categorii largi de semnale, respectiv prelucrarea acestora cu ajutorul mediului Matlab.
- Sistem de comunicare GSM - asigură comunicarea wireless cu rețeaua Internet.
- Sistem auxiliar de alimentare cu energie electrică: 220 V/ 24 V, putere 2 kW. Alimentarea auxiliară se realizează de pe alternatorul autolaboratorului, utilizând un acumulator suplimentar, respectiv un inverter de la 12 V c.c. la 220 V c.a. Sistemul de alimentare este protejat electronic și este destinat alimentării cu energie electrică a echipamentelor de cercetare
- Sistem de stocare și fixare a aparaturii de măsură și control. Suport izolant ce asigură amortizarea suplimentară a vibrațiilor și socurilor, fixarea sigură a echipamentelor.

11.8.3 Concepte utilizate în dezvoltarea aplicațiilor

Autolaboratorul a fost conceput ca o structură modulară și reconfigurabilă funcție de specificul activităților desfășurate, care să permită metode de dezvoltare precum *Prototiparea Controlului (Control Prototyping)*, *Simulation In the Loop (SIL)*, *Hardware In the Loop (HIL)*. Aceste metode sunt tot mai des utilizate în industrie în procesul de proiectare și cercetare (în special în industria auto), ele permițând dezvoltarea fazelor proiectării într-un mediu integrat, respectiv implementarea și testarea rapidă a algoritmilor de control. Aceste metode implică o funcționare în timp real a platformelor de proiectare, indiferent de configurația sistemului/procesului, atâta vreme cât se interacționează cu sisteme reale. Echipamentele din dotarea autolaboratorului – platforma dSpace DS1104 – permit implementarea

acestor metode moderne. O succintă detaliere a acestor tehnici de dezvoltare, simulare și testare în timp real este realizată în figura 11.6.

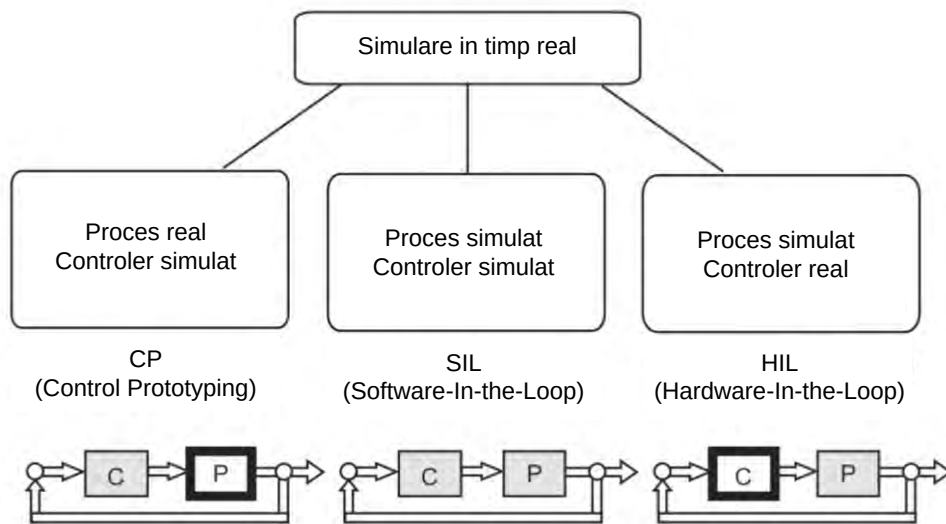


Fig. 11.6 Concepte utilizate în dezvoltarea aplicațiilor.

- *Prototiparea Controlului (Control Prototyping)*: procesul este real și este controlat de un sistem de control simulat prin utilizarea unui alt *hardware* decât cel ce va fi utilizat în final.
- *Hardware-In-the-Loop (HIL)*: procesul este simulat și controlat pe baza unei strategii de control implementată pe un *hardware* specific (cel care va fi utilizat în controlul sistemului).
- *Software in the loop*: procesul este simulat și este executat în timp real împreună cu algoritmul de control, care este de asemenea simulat.

Tehnicile de dezvoltare amintite mai sus comportă utilizarea unor componente *hardware* și *software* dedicate, care să permită rularea în timp real a aplicațiilor. Câteva din elementele ce pot fi utilizate în arhitectura unui sistem de simulare-testare utilizând resursele acestei platforme de cercetare sunt detaliate în cele ce urmează:

- *Componente hardware*: module procesor, module intrare/ieșire ce acoperă cerințele *HIL* (generatoare de semnal bazate pe algoritmi și forme de undă, module de măsurare etc.), simulatoare ale *bus*-urilor de comunicație, elemente de condiționare de semnal, incluzând adaptoare de tensiune, simularea defectelor electrice, simulatoare de sarcină (electrică, mecanică etc.)

- *Componente software*: software de implementare (pentru implementarea și execuția în timp real a modelului), software pentru stabilirea și monitorizarea comunicației pe *bus*; modele virtuale ale sistemelor sau componentelor acestora, *software* pentru managementul experimentelor, *software* pentru testare, pentru programarea grafică și administrarea automată a testelor.
- *Componente opționale*: animație *real-time* 3D, integrarea și sincronizarea unor module adiționale, precum cele pentru diagnosticare și calibrare.

Compatibilitatea dintre *dSpace* și *Matlab-Simulink* generează un mediu de dezvoltare extrem de puternic, granița dintre abordarea virtuală și cea reală aproape dispărând. În configurația unei asemenea platforme de dezvoltare/simulare/testare pot fi introduse atât componente reale cât și modele virtuale, funcție de obiectivul vizat. Astfel sunt posibile următoarele abordări: testarea unei funcții noi pe un sistem existent fără a pune în pericol sistemul, testarea fiecărei componente din sistem prin conectarea la sistemul virtual, testarea comportamentului sistemului la apariția unor defecțiuni, testarea unor noi strategii de control care optimizează funcționarea sistemului.

Mediul software utilizat pentru achiziția de date, modelarea, simularea și controlul sistemelor mecatronice este MATLAB, pachet de programe de înaltă performanță dedicat calculului numeric și reprezentărilor grafice, care reunește resurse matematice cu aplicabilitate în inginerie. *Simulink* și *Stateflow* sunt unelte de dezvoltare a acestui pachet software. Acestea permit modelarea, simularea, analiza dinamică și controlul sistemelor, generarea codului obiect, simularea *hardware*-ului modelat în ansamblul procesului, dezvoltarea de teste pentru partea modelată și proiectată.

Bibliografie

[1] Mătieș, V. (coord.)-Platforma Națională de Mecatronică.Fundamentul programelor educaționale și de formare continuă în societatea cunoașterii,UTPRESS, 2016.

[2] Mătieș, V. (coord.) – *Platforme mecatronice pentru educație și cercetare*, Editura Todesco, Cluj-Napoca, 2009, ISBN 978-973-7695-79-6, (pag.125-146).

[3] www.cnette.utcluj.ro,

PLATFORMA NAȚIONALĂ DE MECATRONICĂ



UNIVERSITATEA DIN CRAIOVA

**FACULTATEA DE AUTOMATICĂ, CALCULATOARE ȘI
ELECTRONICĂ
DEPARTAMENTUL DE MECATRONICĂ ȘI ROBOTICĂ ¹**

**CENTRUL REGIONAL DE EXCELENȚĂ ÎN
MECATRONICĂ CRAIOVA**

¹ Str. A. I. Cuza nr.13, 200585, Craiova, România, <http://www.robotics.ucv.ro/jl>

12. Universitatea din Craiova, promotoare a științei mecatronicii

*Nicu Bîzdoacă, Dorian Cojocaru, Dorin Popescu,
Cristina Pană, Ionuț Resceanu*

12.1. Introducere

La Universitatea din Craiova (UCV) (<http://www.ucv.ro/>), Catedra de Mecatronică (<http://www.robotics.ucv.ro/>) s-a înființat în anul 2003 în cadrul Facultății de Automatică, Calculatoare și Electronică (FACE) (<http://www.ace.ucv.ro/>). La acel moment, Catedra de Mecatronică a reunit mai multe cadre didactice ale căror activități curente vizau un ansamblu de discipline care puteau fi grupate sub genericul comun de “automatizări industriale discrete, robotică și mecatronică”. Cu începere din anul 2005 cele două specializări, “Mecatronică” și respectiv “Robotică”, ale domeniului “Mecatronică și Robotică” sunt oferite numai de către FACE a UCV. Reorganizarea administrativă pe bază de departamente din toamna anului 2011 a condus la integrarea colectivului existent în nou-creatul Departament de Automatica, Electronica și Mecatronică, iar din vara anului 2014 s-a înființat actualul Departament de Mecatronică și Robotică (DMR) al UCV.

Din punct de vedere al resurselor umane, DMR este format în anul universitar 2024-2025 din 11(12) cadre didactice - 3 profesori universitari (1 profesor universitar este în continuare membru în Școala Doctorală “Constantin Belea”), 3 conferențieri, 2 șefi de lucrări, 1 asistent pe durată nedeterminată, 2 asistenți pe durată determinată și 1 cadru PDA (cu o jumătate de normă). La această structură s-a adăugat anual un număr variabil de doctoranzi cu frecvență.

Colectivul beneficiază de prestigiul academic și activitățile anterioare, didactică și de cercetare, ale domnului Prof. dr. ing. Mircea Ivănescu, conducător de doctorat, personalitate care și-a adus o contribuție remarcabilă și recunoscută la înființarea și dezvoltarea tuturor programelor de studii care se desfășoară în prezent în FACE.

UCV a primit calitatea de Instituție Organizatoare de Studii Universitare de Doctorat (I.O.S.U.D.) în domeniul Mecatronică și Robotică în 2008 când li s-a conferit calitatea de conducător de doctorat profesorilor universitari Nicu George Bîzdoacă, Dorian Cojocaru și Mircea Nițulescu. În prezent I.O.S.U.D. UCV are o Școala Doctorală

"Constantin Belea" (SDCB) a FACE care cuprinde toți conducătorii de doctorat din domeniile tehnice: Calculatoare și Tehnologia Informției, Ingineria Sistemelor, Ingineria Electronică, Telecomunicații și Tehnologii Informaționale, respectiv Mecatronică și Robotică. SDCB are un consiliu format din câte un reprezentant al fiecărui domeniu de doctorat. După alegerile din 2025 această reprezentare continuă să revină domnului Prof. dr. ing. Dorian Cojocar, reales pentru un nou mandat.

În cadrul facultății, prin ultimul plan aprobat, direcțiile de cercetare majore asumate au fost: Metode avansate de conducere cu aplicații în biotehnologie, chimie, energetică aeronautică; Sisteme robotice și mecatronice; Sisteme informatice multimedia; Sisteme inteligente distribuite; Sisteme și tehnologii avansate pentru educație (e-learning).

Centrul de cercetare "Mecatronică și robotică" (CCMR), coordonat de Prof. dr. ing. Mircea Ivănescu, a fost acreditat în 2005, avizat pentru continuarea funcționării în 2013 de către Senatul UCV și a fost reevaluat în 2016. CCMR și-a modificat statutul juridic în 2022. În 2021 s-a organizat Centrul de Cercetare al FACE (CERCA) conform avizului Consiliului Cercetării și aprobării Senatului UCV.

De-a lungul timpului, DMR a desfășurat o amplă activitate de cercetare pe baze contractuale, ceea ce a permis și realizarea și acumularea unor dotări materiale reprezentative pentru laboratoarele noastre. Marea majoritatea a activităților de cercetare s-au derulat pe plan național, prin participarea la toate programele de cercetare lansate pe bază de competiție națională de către organisme de profil, ministere sau agenții. De asemenea, DMR a fost inclus în câteva programe de cercetare internaționale de nivel european, cum ar fi FP7.

DMR întreține relații strânse de colaborare cu mai multe unități economice din Craiova, din regiunea de dezvoltare Oltenia, precum și din alte localități mai îndepărtate, multe dintre ele fiind reprezentanțe locale ale unor prestigioase companii internaționale care au subsidiare în țara noastră. Aceste colaborări se desfășoară pe bazele legale ale unor contracte bilaterale de colaborare și includ anual stagii de practică, internship, posibilitatea finalizării și finanțării unor teme de disertație sau proiecte de licență solicitate în mediul industrial, vizite periodice de studii la agenți economici, prezentări periodice ale firmelor, concursuri tematice profesionale sponsorizate de către aceste firme pentru studenți, sesiuni periodice pentru recrutarea forței de muncă sau anumite burse de studii pentru studenți etc.

Atât pentru personalul propriu cât și pentru studenții pe care-i coordonează în mod direct, DMR a fost preocupat permanent de ridicarea standardelor de calificare la nivelul cerințelor actuale pe plan național, european și mondial. În acest sens, mai mulți membri ai DMR au realizat și au derulat în timp un număr impresionant de colaborări cu numeroase colective universitare și de cercetare de pe mai multe continente, incluzând aici marea majoritate a țărilor europene, din America de Nord și America de Sud, din Australia și din Asia. Membrii DMR participă anual la numeroase manifestări științifice prestigioase din țară și din străinătate, sunt autorii a numeroase articole științifice publicate în reviste de profil cu cotă internațională recunoscută, participă la organizarea a numeroase manifestări științifice atât în țară cât și în străinătate (ROBOTICS, RAAD, ICSTCC, IEE etc.), sunt integrați, participă în mod direct sau dețin funcții de conducere în mai multe organisme și agenții naționale (ACADEMIA TEHNICĂ DIN ROMÂNIA, ARACIS, CNATDCU, CNCSIS etc.), societăți profesionale cu caracter internațional (IFR-International Federation on Robotics, IEEE-International Electrical and Electronic Engineering, IFAC-International Federation on Automatic Control, EAEIE-European Association for Education in Electrical and Information Engineering etc.), societăți profesionale cu caracter național (SRR- Societatea de Robotică din România, SRAIT-Societatea Română de Automatică și Informatică Tehnică, UGIR-Uniunea Generală a Industriașilor din Romania etc.), colective internaționale sau naționale pentru organizarea unor manifestări științifice cu caracter periodic (ROBOTICS, RAAD, ICSTCC, ICC, IEE etc.), colective editoriale pentru reviste cu clasificări naționale recunoscute oficial (Annals of the University of Craiova - Series: Automation, computers, electronics and Mechatronics, Robotics & Management etc.) și multe altele.

DMR participă activ pe plan național și local la promovarea științei mecatronicii prin înscrierea anuală cu echipe de studenți și chiar organizarea unor ediții la Craiova ale competițiilor naționale studențești de profil cum ar fi: concursul național anual "ZEM - Zilele Educației Mecatronice", concursul "Să cunoaștem Mecatronica și Robotica", "MEROB - Zilele educației robotice și mecatronice craiovene" etc., ocazii în care s-au menținut și intensificat colaborările constante cu firme semnificative din domeniu ca SMC, FESTO, FREESCALE ș.a. De asemenea, anual studenții noștri au participat cu bune rezultate inclusiv la concursuri internaționale organizate în străinătate în domeniul programării roboților mobili.

Încă de la înființarea sa în 2003, Catedra de Mecatronică (de la acea vreme) a UCV a depus eforturi pentru integrarea sa pe plan național alături de celelalte catedre de profil care fuseseră deja înființate în celelalte centre universitare din România, precum și pentru definitivarea liniilor strategice generale care trebuiau urmate în planurile de învățământ ale celor două specializări din domeniul de licență "Mecatronică și Robotică". În acest sens, ca singură catedră, și apoi departament, din România dezvoltată în interiorul unei facultăți care nu avea la bază un profil mecanic ci unul de automatică, colectivul nostru a militat pentru creșterea preponderenței disciplinelor din aria curiculară a științei automatice, a tehnologiilor IT și a electronicii, în conformitate cu ponderența crescândă pe care aceste elemente o au deja la realizarea produselor și structurilor mecatronice din zilele noastre. Această poziție s-a dovedit pe deplin confirmată de evoluția pe plan mondial din ultimul deceniu și este o tendință care se va accentua și în viitorul apropiat.

12.2. Angajații DMR

Profesorii conducători de doctorat sunt:

- Nicu Bîzdoacă (absolvent ACE – Automatică, doctorat ACE Automatică, conducere doctorat ACE Mecatronică și Robotică), Prorector UCV.
- Dorian Cojocar (absolvent ACE – Calculatoare, doctorat ACE Automatică, conducere doctorat ACE Mecatronică și Robotică), director DMR.
- Mircea Nițulescu (absolvent ACE – Automatică, doctorat ACE Automatică, conducere doctorat Mecatronică și Robotică),
- Cristina Pană (absolventă ACE ROB, doctorat ACE Automatică, conducere doctorat ACE Mecatronică și Robotică).

Profesor Dorin Popescu (absolvent ACE – Automatică, doctorat ACE Automatică).

Conferențiarii sunt:

- Ionuț Resceanu (absolvent ACE – Calculatoare, doctorat ACE Automatică), membru CF ACE UCV.
- Florin Manta (absolvent ACE – Mecatronică, doctorat ACE Automatică).

Șefii de lucrări sunt:

- Marius Niculescu (absolvent ACE – Automatică, doctorat UPB Automatică).
- Dana Pătrașcu Pană (absolvent ACE – Automatică Robotică, doctorat ACE Automatică).

Asistenții sunt:

- Florina Luminița Petcu (absolvent ACE – Automatică și Informatică Aplicată, doctorat ACE Mecatronică și Robotică).
- Ștefan Cismaru (absolvent ACE - Automatică și Informatică Aplicată, master TIIS ACE, doctorand ACE Mecatronică și Robotică – în ianuarie 2025 a primit confirmarea titlului de doctor).
- Horațiu Roibu (absolvent ACE - Automatică și Informatică Aplicată, master SCR ACE, doctorat ACE Mecatronică și Robotică).

O succintă caracterizare a preocupărilor curente și a domeniilor de interes profesional ale cadrelor noastre didactice indică următoarele aspecte:

- Prof. univ. dr. ing. Nicu BÎZDOACĂ - *Domenii principale de competență:* Materiale și structuri inteligente; Limbaje de programare; Programarea roboților și a mașinilor-unelte; Mecatronică; *Alte competențe și sarcini îndeplinite:* Prorector UCV; Conducător de doctorat în specializarea “Mecatronică și Robotică”; Membru CNATDCU Comisia de Inginerie Mecanică, Mecatronică și Robotică, Membru Consiliului ARACIS.
- Prof. univ. dr. ing. Dorian COJOCARU - *Domenii principale de competență:* Arhitectura calculatoarelor; Proiectare asis-tată; Prelucrarea numerică a imaginilor; Inteligență artificială; *Alte competențe și sarcini îndeplinite:* Director DMR; Conducător de doctorat în specializarea “Mecatronică și Robotică”; Membru în Comisia Instituțională ARACIS; Membru în Consiliul European al EAEEIE (European Association for Education in Electrical and Information Engineering); Evaluator UE pentru Inteligență Artificială; Evaluator pentru Ministrul Cercetării, Inovării și Digitalizării.
- Prof. univ. dr. ing. Mircea NIȚULESCU - *Domenii principale de competență:* Robotică; Sisteme flexibile de fabricație; Roboți mobili; Sisteme mecatronice complexe; *Alte competențe și sarcini îndeplinite:* Conducător de doctorat în specializarea “Mecatronică și Robotică”; Secretar General al Societății de Robotică din România; Membru ARACIS.
- Prof. univ. dr. ing. Dorin POPESCU - *Domenii principale de competență:* Controlere logic programabile și automatizarea fabricației; Sisteme mecatronice; Robotică; Realitate virtuală; *Alte competențe și sarcini îndeplinite:* Membru în Consiliul European al EAEEIE (European Association for Education in Electrical and Information Engineering); Concursuri profesionale, studentești și preuniversitare.
- Conf. dr. ing. Cristina PANĂ - *Domenii principale de competență:* Analiza și sinteza dispozitivelor numerice; Robotică medicală; Sisteme mecatronice; *Alte competențe și sarcini îndeplinite:* Conducător de doctorat în specializarea “Mecatronică și Robotică”; Membru al

Registrului de experți ai Comisiei Naționale de Atestare a Titlurilor, Diplomelor și Certificatelor Universitare (CNATDCU), Comisia de specialitate 17. Inginerie Mecanică, Mecatronică și Robotică și Inginerie Genistică și de Armament (2024- 2028); Responsabil domeniu de licență și master în domeniul de Mecatronică și Robotică; Acțiuni de promovare a facultății.

- Conf. dr. ing. Ionuț RESCEANU - *Domenii principale de competență:* Limbaje de programare, Tehnologii IT; Electronică digitală; Alte competențe și sarcini îndeplinite: colaborator Hella Automotive Craiova; Pregătire studenți pentru concursuri profesionale; Coordonare a practicii.

- Conf. dr. ing. Florin MANTA - *Domenii principale de competență:* Comenzi numerice; Prelucrarea și recunoașterea imaginilor; Inteligență artificială; *Alte competențe și sarcini îndeplinite:* Acțiuni de promovare a facultății; Activități de coordonare a practicii.

- Ș. I. dr. ing. Marius NICULESCU - *Domenii principale de competență:* Mecanisme și microsisteme de acționare; Comunicații și structuri multimedia; Marketing; *Alte competențe și sarcini îndeplinite:* Acțiuni de promovare a facultății; Activități de coordonare a practicii.

- Ș. I. dr. ing. Dana PANĂ-PĂTRAȘCU - *Domenii principale de competență:* Sisteme de acționare, Bionică, Arhitecturi și sisteme în mecatronică și robotică; *Alte competențe și sarcini îndeplinite:* Acțiuni de promovare a facultății; Activități de coordonare a practicii; Președinte al sindicatului USUUC din UCV.

- Asist. dr. ing. Florina PETCU - *Domenii principale de competență:* Informatică Aplicată, Sisteme robotice, Sisteme mecatronice, Programare. *Alte competențe și sarcini îndeplinite:* Acțiuni de promovare a facultății; Coordonarea activităților de practică; Organizarea și coordonarea de proiecte în interesul studenților.

- Asist. dr. ing. Ștefan CISMARU - *Domenii principale de competență:* Programare limbaje nivel înalt (Java, C#, C++, C); Proiectare CAD; Programare cu microcontrollere; Proiectare cablaje imprimate. *Alte competențe și sarcini îndeplinite:* Acțiuni de promovare a facultății.

- Asist. dr. ing. Horațiu ROIBU - *Domenii principale de competență:* Interfețe om-mașină; Programare embeded; CAD/CAE; Sisteme de conducere a roboților; Productică și tehnologii de fabricație; Functional Safety in Automotive. *Alte competențe și sarcini îndeplinite:* Activități de coordonare a practicii; Acțiuni de promovare a facultății; Activități de coordonare la concursuri a echipelor de robotică; Activități de promovare și mentorat cu elevii de liceu.

12.3 Laboratoare în DMR

DMR coordonează în mod direct un număr de laboratoare de profil care asigură activitățile practice la mai multe discipline din toate programele de licență, din programele existente de master, desfășurarea contractelor de cercetare aflate în derulare și pregătirea doctorală a doctoranzilor coordonați de către conducătorii de doctorat din DMR. De subliniat faptul extrem de important că instruirea practică a studenților de la specializările pe care le coordonăm în mod direct se bazează însă pe mult mai multe alte laboratoare ce au profile adecvate disciplinelor parcurse prin planurile de învățământ. Aceste laboratoare sunt coordonate în mod direct fie de către alte Departamente ale FACE, fie de către alte Departamente care fac parte din celelalte facultăți cu profil tehnic ale UCV. Pe de altă parte, prin reciprocitate, laboratoarele DMR deservește în egală măsură programele de licență și de master de care sunt direct răspunzătoare alte departamente din facultate sau din cadrul UCV.

12.3.1 Laboratorul “Robotică și Sisteme flexibile de fabricație”

Laboratorul asigură suportul logistic pentru desfășurarea activităților practice la mai multe discipline cu tematica Robotică și respectiv Sisteme flexibile de fabricație pentru studenții FACE, dar și pentru studenții altor facultăți tehnice ale UCV. Laboratorul dispune de mai multe sisteme și echipamente industriale și didactice specializate (roboți, manipulatoare, automate programabile, simulatoare, sisteme flexibile de fabricație), tehnică de calcul, software general și specializat, echipamente didactice moderne de videoprezentare și aer condiționat. Tot aici se desfășoară activități de cercetare științifică, inclusiv activități de pregătire doctorală.



Fig.12.1 Laboratorul “Robotică și Sisteme flexibile de fabricație”

12.3.2 Laboratoarele “Mecatronică” și “E-Mecatronică”

Laboratorul asigură suportul logistic pentru desfășurarea activităților practice la mai multe discipline din tematica mecatronică și robotică pentru studenții FACE.

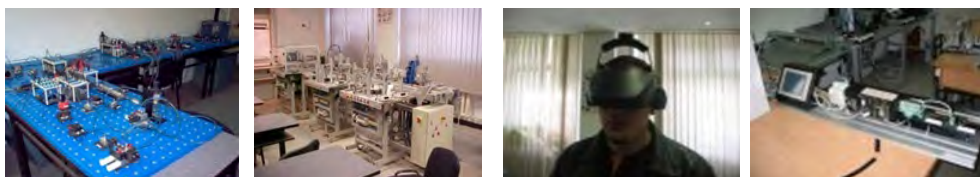


Fig.12.2 Laboratoarele “Mecatronică” și “E-Mecatronică”

Laboratoarele dispun de mai multe sisteme și echipamente industriale și didactice specializate, surse electrice, pneumatice și hidraulice, tehnică de calcul, software general și specializat, echipamente didactice moderne de videoprezentare și aer condiționat. O parte din dotarea laboratoarelor este consecința unor relații fructuoase dintre Catedra de Mecatronică și firme de prestigiu din țară (ex. Daewoo Automobile România, CIT Automatizări România) sau din străinătate (ex. SMC Italia – automatizări pneumatice). Tot aici se desfășoară activități de cercetare științifică, inclusiv doctorale.

12.3.3 Laboratorul “Automate programabile”

Laboratorul de automate programabile servește la instruirea studenților în realizarea conducerii proceselor utilizând un automat programabil. Pentru toate ramurile industriale, practic, calea spre creșterea productivității constă în automatizarea proceselor de producție. Rata înaltă de creștere a aplicațiilor conduse de automatele programabile a încurajat producătorii să dezvolte familii întregi de sisteme bazate pe microprocesoare având diverse nivele de performanță.



Fig.12.3 Laboratorul “Automate programabile”

Studentii studiază în cadrul acestui laborator mai multe tipuri de automate programabile și învață să le programeze în vederea conducerii unui proces.

12.3.4 Laboratorul “Structuri numerice”

Laboratorul oferă suportul necesar pentru analiza și proiectarea sistemelor electronice care utilizează circuite integrate numerice. Analiza este bazată pe simularea și modelarea SPICE (mediul PSpice). În proiectarea și dezvoltarea aplicațiilor accentul este pus pe utilizarea circuitelor CPLD și FPGA și a limbajelor HDL. O parte din dotarea hard/soft pentru acest domeniu de activitate este asigurată de participarea la Xilinx University Program. În domeniul microprocesoarelor se oferă suport pentru dezvoltarea unor aplicații care utilizează diverse familii reprezentative de microcontrolere (8051, AVR, MSP430) sau a microprocesoarelor compatibile 80x86. Aplicațiile sunt de regulă orientate pe structuri mecatronice (de exemplu roboți mobili), fiind programate în limbaj de asamblare și C. Laboratorul oferă dotare și spațiu de lucru distinct pentru proiectele finale și de an precum și pentru activități de cercetare științifice, inclusiv doctorale.

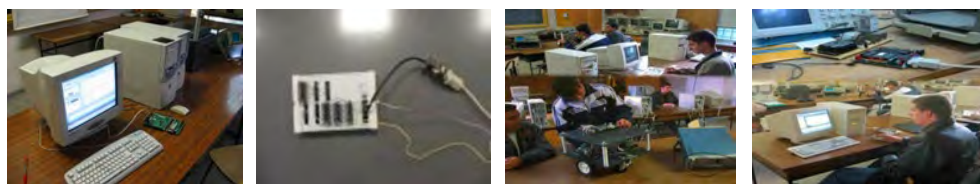


Fig.12.4 Laboratorul “Structuri numerice”

12.3.5 Laboratorul “Multimedia pentru mecatronică și robotică”

Acest laborator a fost realizat inițial pentru desfășurarea activităților practice la specializarea “Ingineria sistemelor multimedia”, la înființarea căreia colec-tivul actual al DMR și-a adus o contribuție esențială. Pentru dotarea laboratorului s-a folosit suportul financiar oferit de către Ministerul Educației și Cercetării prin contractul obținut pe bază de competiție națională “Platformă multimedia pentru instruire, cercetare și dezvoltare de aplicații în mecatronică și automatică”.



Fig.12.5 Laboratorul “Multimedia pentru mecatronică și robotică”

12.3.6 Laboratorul “Inginerie și proiectare asistate de calculator”

Laboratorul este dedicat lucrărilor practice din domeniul tehnologiei informației. Aici se desfășoară orele de laborator și proiect care se bazează pe tehnică de calcul (calculatoare conectate la internet, programe de uz general și specializate, periferice). Accesul studenților este permis nu numai în timpul orelor din programa universitară ci și pentru activități individuale dedicate realizării practicii informatice, a proiectelor de semestru sau a proiectelor de diplomă. Sala este dotată cu echipamente de video și retro proiecție și este climatizată.



Fig.12.6 Laboratorul “Inginerie și proiectare asistate de calculator”

12.3.7 Laboratorul “Prelucrarea imaginilor și recunoașterea formelor”

Laboratorul este dedicat aplicațiilor practice din domeniul achiziției, prelucrării și recunoașterii imaginilor, grupate sub termenul generic “Vedere artificială” (Computer Vision). Aici se desfășoară activitatea de cercetare în domeniul a studenților de la master și de la doctorat. Rezultatele obținute în cadrul contractelor de cercetare au contribuit direct la dotarea acestui laborator.

După 2020 au fost achiziționate echipamente necesare pentru îmbunătățirea dotărilor din laboratoarele DMR: tablă interactivă, sistem videoconferință, laptopuri, sisteme acționare axă liniară diverse puteri, sistem de comanda și control, sistem HMI, desktopuri, osciloscop,

software Acrobat Pro perpetual, licență Microsoft Office Pro Plus, sistem mecatronic industrial, sistem manipulare piese.

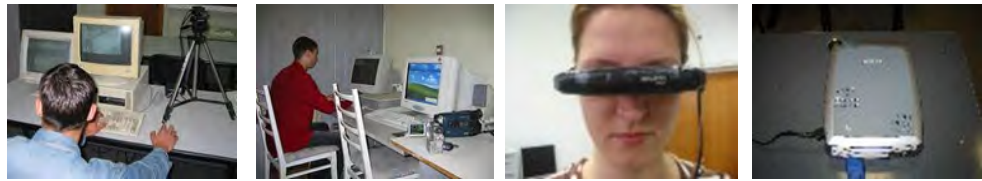


Fig.12.7 Laboratorul “Prelucrarea imaginilor și recunoașterea formelor”

12.4 Acreditări și admiteri la specializările de licență coordonate de către DMR

Așa cum s-a precizat anterior, conform sistemului educațional Bologna, DMR coordonează în mod direct domeniul de licență “Mecatronică și Robotică”, oferind viitorilor studenți atât specializarea Mecatronică (cu începere din anul 2001) cât și pe cea de Robotică (cu începere din anul 2005). De notat faptul că, alături de Departamentul de Automatică și Electronică, DMR coordonează și specializarea “Ingineria sistemelor multimedia”, la crearea căreia a contribuit decisiv în anii anteriori. Specializarea “Mecatronică” este reacreditată ARACIS, primind calificativul maxim “grad de încredere ridicat” pentru o cifră de școlarizare de 60 de locuri. Specializarea “Robotică” este reacreditată ARACIS și a primit calificativul maxim “grad de încredere ridicat” și 45 de locuri pentru școlarizare.

În ceea ce privește cifrele de școlarizare din ultimii ani, aceste două specializări ale FACE au oferit la concurs circa 45 locuri cu finanțare de la buget și încă pe atât locuri cu taxă (locurile oferite de către facultatea noastră pentru totalul celor 4 domenii de licență și respectiv 6 specializări existente în oferta educațională pot fi găsite pe siteul facultății <http://www.ace.ucv.ro/admitere/licenta/>). Ocuparea locurilor s-a efectuat pe baza unui concurs de admitere organizat prin hotărârea CF ACE UCV și cu aprobarea conducerii UCV. Planurile de învățământ ale celor două specializări de licență, Mecatronică și respectiv Robotică, pot fi consultate pe site-ul DMR (<http://www.robotics.ucv.ro/>) și pe cel al facultății (<http://www.ace.ucv.ro/>).

12.5. Programele educaționale de master

În ceea ce privește actualele programe de master din cadrul Facultății de Automatică, Calculatoare și Electronică, Departamentul de Mecatronică și Robotică coordonează în mod direct programul “Sisteme de conducere în robotică” cu o durată de doi ani de studii. El a fost creat începând cu anul 2008. Programul de studii masterale “Sisteme de conducere în robotică” dispune de asemenea de acreditarea ARACIS cu calificativul maxim “grad de încredere ridicat”. Competențe dobândite în cadrul acestui program sunt în concordanță cu normele valabile în sistemul educațional național.

De notat faptul că DMR a fost permanent implicat în toate programele de pregătire avansată ale facultății. De precizat că și în prezent membrii actuali ai DMR își aduc aportul și pentru alte programe de master care sunt oferite de către alte facultăți prin susținerea unor discipline care intră în aria noastră de competență.

În era digitală, inteligența artificială (AI) aduce o nouă personalizare și dezvoltare a gândirii logico-creative în educația elevilor. Acest domeniu tehnologic în plină expansiune aduce noi oportunități și resurse pentru învățământul superior. În acest context, colectivul DMR a dezvoltat un nou program de masterat. Misiunea și obiectivele programului de masterat Inteligență Artificială Aplicată în Mecatronică și Robotică predat în limba engleză sunt în concordanță cu misiunea instituției de învățământ superior și cu cerințele educaționale identificate pe piața muncii și propun direcții inovatoare pentru dezvoltarea ofertelor educaționale necesare într-o piață a muncii dinamică. Proiectarea procesului de învățare și predare ar fi fost făcută astfel încât să permită alegerea unor parcursuri de învățare flexibile prin discipline opționale și în conformitate cu procedurile în vigoare.

Detalii despre procesul de proiectare a noului program de master, dar și despre participarea colectivului DMR la ZEM 2025 sunt cuprinse în două lucrări care au fost acceptate pentru a fi prezentate la manifestarea științifică internațională EAEEIE'2025 - The 34th Annual Conference of the European Association for Education in Electrical and Information Engineering, 18 - 20 Iunie 2025, Cluj-Napoca, România.

12.6. Programe de studii postuniversitare

Prin membri săi, DMR s-a implicat în timp în diferite programe de studii postuniversitare. De exemplu, în programul "Mecatronică" au fost atrași aproape 200 de profesori-ingineri. Din acest punct de vedere se pot aprecia eforturile noastre de promovare ale științei mecatronicii în întreaga regiune a Olteniei. Alte programe de studii postuniversitare care s-au desfășurat în cadrul FACE au fost "Informatică. Tehnologii asistate de calculator", "Societatea informațională. Management și marketing. Informatică economică", "Societatea informațională. Prevenirea și combaterea criminalității informaționale".

Programul de studii postuniversitare "Flexform - Program de formare profesională flexibilă pe platforme mecatronice" a fost oferit de către departamentul nostru ca o continuare a programului anterior de studii postuniversitare, denumit "Mecatronică". Programul a făcut parte din pachetul POSDRU-Axa Prioritară 1/ DMI 1.3. Colaborarea cu Inspectoratele Județene Școlare din toate județele regiunii Oltenia a condus la atragerea unui număr de aproape 200 de profesori cursanți.

12.7. Programe de doctorat

În 2019 a fost abilitat în acest domeniu și un cadru didactic, conferențiar devenit ulterior profesor, Sorin Grigorescu de la Universitatea Transilvania din Brașov. În 2020 au fost abilitate în domeniul Mecatronică și Robotică la Școala Doctorală „Constantin Belea” și alte două cadre didactice de la Universitatea „Transilvania” din Brașov. În acest fel a fost posibilă acreditarea domeniului la această instituție. Această realizare poate să fie considerată un real succes al Școlii de Mecatronică și Robotică de la Craiova. În 2021 a fost abilitat un al patrulea cadru didactic tot de la Universitatea „Transilvania” din Brașov, iar un al cincelea cadru didactic de la aceeași universitate a fost abilitat în 2022. Prin acreditarea domeniului de studii doctorale Mecatronică și Robotică la Universitatea „Transilvania” din Brașov, în anul 2023 cadrele didactice abilitate la UCV s-au transferat la Brașov.

În anul 2023 doamna Conf. ing. Cristina Pană a obținut abilitarea pentru coordonarea studiilor doctorale în domeniul Mecatronică și Robotică, iar în 2024 a și înmatriculat un student doctorand pe care îl coordonează. Tot în 2023 și domnul Ș.l. dr. ing. Ionel Cristian Vladu de la Facultatea de Inginerie Electrică de la UCV a obținut abilitarea pentru coordonarea studiilor doctorale în domeniul Mecatronică și Robotică

Cadrele didactice din departament au făcut parte din numeroase comisii de evaluare pentru admitere, susținere de referate sau examinare în cadrul pregătirii doctorale, în calitate de președinte sau membru.

12.8. Programe postdoctorale

UCV a propus și a obținut finanțare pentru mai multe sesiuni de atribuire a unor burse postdoctorale. Scopul declarat a fost acela de a determina pe tinerii doctori în științe să-și poată continua cercetările în cadrul universității noastre, minimizând atractivitatea unor alte soluții posibile în viitoarea lor carieră. Admiterile au fost pe bază de concurs, în condițiile legii, iar bursele obținute și contractele semnate de câștigători s-au adăugat activităților și obligațiilor curente, adesea didactice, în cadrul UCV.

12.9. Tematici ale proiectelor de licență și ale temelor de disertație abordate cu studenții în ultima perioadă

Elaborarea, propunerea și realizarea temelor de cercetare în cadrul proiectelor anuale de diplomă pentru ciclul de licență, și respectiv a disertațiilor pentru ciclul de master, constituie anual o provocare pentru colectivul nostru. Pe de-o parte sunt căutate permanent soluții care să stimuleze interesul studenților noștri (capacitatea de a duce la bun sfârșit și în termenul prevăzut o temă cu rezultate benefice pentru absolvent; abordarea unor teme care să conducă la dobândirea unor competențe în CV-urile personale menite să faciliteze procesul de angajare ulterioară la diferite entități productive a absolventului nostru; dezvoltarea aptitudinilor practice individuale în paralel cu cele de explorare/cercetare; legături cu mediul economic, în primul rând din regiunea Oltenia, dar și din întreaga țară cu care colaborăm constant în acest proces pentru găsirea unor subiecte de interes comun și sprijin reciproc în finalizarea proiectului etc.) precum și soluții care să înscrie colectivul nostru în tendințele noi și moderne ale cercetărilor naționale și internaționale, participarea cu bune rezultate la concursurile studențești, orientarea celor mai buni studenți spre viitoare activități masterale sau doctorale după caz etc.

12.10. Colaborarea cu învățământul preuniversitar

Manifestarea “zilele porților deschise”, este deja o manifestare tradițională anuală în UCV la care FACE și respectiv DMR participă constant de mai mulți ani. Cu această ocazie, pe parcursul unei săptămâni care de regulă coincide în ultima perioadă și cu programul “școala altfel” a elevilor din ciclul preuniversitar, cadrele didactice și laboratoarele noastre stau la dispoziția a numeroase clase de elevi care ne vizitează pentru a se informa în vederea viitoarei lor orientări profesionale.



Fig.12.8. Colaborarea cu învățământul preuniversitar

O altă inițiativă este legată de organizarea concursului de Mecatronică și Robotică MEROB, destinat elevilor din mai multe licee ale orașului Craiova care urmează sau nu calificarea profesională de tehnician mecatronist. Concursul constă în participarea unui număr de echipe formate din câte 3-4 elevi, fiecare echipă primind câte un kit Lego Mindstorms. Tema concursului, cu durata de 2-3 ore, presupune construirea unui robot mobil și apoi programarea lui astfel încât acesta să realizeze o sarcină impusă. Cu aceste ocazii, elevii concurenți și cadrele didactice care-i însoțesc vizitează laboratoarele DMR, fiind informați asupra ofertei educaționale din facultate în domeniul de licență “Mecatronică și Robotică”. DMR a pus la dispoziția Inspectoratului Școlar Județean Dolj laboratoarele de care dispune pentru organizarea fazei județene a Olimpiadei de Mecatronică și a organizat ulterior Workshop-ul intitulat “Perspective și oferte educaționale în Mecatronică”.

12.11 Activitatea de cercetare prin programe naționale și internaționale

DMR realizează de foarte mulți ani o activitate intensă de cercetare contractuală.

Principalele direcții ale activității noastre de cercetare derulate au fost următoarele: Structuri robotice hiper-redundante; Arhitecturi convenționale și neconvenționale de conducere pentru sisteme robotice;

Algoritmi de conducere pentru sisteme robotice convenționale și neconvenționale; Aplicații ale materialelor electro-rheologice în robotică; Aplicații ale materialelor magneto-rheologice în robotică; Structuri robotice cu acțiuni cooperative; Cercetări în domeniul roboticii mobile; Algoritmi pentru conducerea în timp real și în condiții de defect a structurilor robotice; Conducerea roboților bazată pe vedere și inteligență artificială; Teleoperarea rețelelor complexe de automate programabile; Controlul roboților în operații de asistență pentru persoane defavorizate; Conducerea în condiții de avarie pentru sisteme industriale complexe; Comunicații mobile; Partajarea resurselor de instruire și de cercetare, aplicații de tip multimedia și E-learning; Arhitecturi robotice specializate destinate operării în medii cu grad de pericolozitate sporit; Controlul și integrarea tehnologică a materialelor și structurilor inteligente; Controlul holonic al fabricației; Studiul locomoției pendulare aplicabilă structurilor micro-robotice; Structuri robotice miniaturale dotate cu abilități de reconfigurare și automultiplicare; Structuri mecatronice evoluat în sprijinul pacienților cu dizabilități medicale; Proiectarea virtuală a aplicațiilor mecatronice și robotice specifice industriei automotive și transporturilor.

Proiecte de cercetare cu activitate după 2020:

- Senzori de presiune mobili pentru monitorizarea undelor de șoc datorate exploziilor bazați pe heterostructuri ceramice-polimerice; din Proiectul complex "Fabricarea, calibrarea și testarea de sisteme integrate avansate de senzori - INFLPR Magurele
- Valorificarea Potențialului Alimentar al Culturilor Agricole Selectate (tuberculi de topinambur, seminte de sorg, turtele rezultate de la obținerea uleiului de canepa presat la rece - SCDA Secuieni și Institutul de Bioresurse Alimentare București
- Cercetări și transfer de cunoștințe în domeniul tehnologiilor și instrumentelor software pentru informatizarea proceselor industriale - Programul Operațional Competitivitate 2014-2020
- Conducerea inteligentă și distribuită a 3 sisteme autonome complexe integrate în tehnologii emergente pentru asistare personală medico-socială CIDSACTECH - N III, programul 1 - Dezvoltarea sistemului național de cercetare-dezvoltare, subprogramul 1.2 - Performanță instituțională
- Îmbunătățirea politicilor publice în învățământul superior și creșterea calității reglementărilor prin actualizarea standardelor de calitate QAFIN
- Programul Operațional Capacitate Administrativă 2014 – 2020

- Sistem modular inteligent de calibrare/verificare metrologica a parametrilor de timp si distanta pentru transportul urban, cu asistenta robotizata si functionalitati IoT – SMARTTEST - Programul Operational Competitivitate.
- Proteză glezna inteligentă experimentală bazată pe fluide inteligente – Proiect experimental demonstrativ (PED), UEFISCDI
- Recuperarea activă și pasivă a membrului inferior - Proiect experimental demonstrativ (PED), UEFISCDI
- HEInnovasport: Building innovation capacity and entrepreneurship in sport science HEIs – Horizont
- Innovative VR tools for enhancing the security of NATO external borders - NATO Science for Peace and Security

De-a lungul timpului, membrii DMR au contribuit direct ca grup organiza-tor la pregătirea și desfășurarea mai multor manifestări științifice cu caracter inter-național care au avut loc în sediul UCV: SINTES - International Symposium on Systems Theory, Robotics, Computers & Process Informatics; EAEEIE Annual Conference on Innovation in Education for Electrical and Information Engineering

- Pocket Cup - Concurs de programare a roboților; CNR – Conferința Națională de Robotică; WMRC - Workshop Roboți Mobili; IWPS - International WorkShop on Pneumatic Systems

De asemenea, mai mulți membri DMR și-au adus o contribuție semnifica-tivă la organizarea edițiilor mai multor conferințe naționale și internaționale de prestigiu, organizate atât în țară cât și în străinătate. Câteva dintre acestea sunt: SNRI – Simpozionul Național de Roboți Industriali; SINTES– Simpozionul Național de Teoria Sistemelor; RAAD – Robotics in Alpe-Adria-Danube Region; ROBOTICS – Romanian International Conference on Robotics; ICCS– International Carpathian Control Conference; ICSTCC – International Conference on System Theory, Control and Computing.

De-a lungul timpului membri ai DMR au făcut parte și din numeroase colective de program CIP ale unor prestigioase alte conferințe internaționale, la a căror organizare sau desfășurare și-au adus o contribuție semnificativă prin diferite acțiuni de tip peer-review, membri sau președinți ai comitetelor de organizare, plenary speaker, prezentarea în plen sau secțiuni a unor lucrări, organizatori de sesiuni invitate, chair sau co-chair de secțiune etc.

12.12 Cooperare cu universități din străinătate

Prin diferite programe europene, cum ar fi Tempus, Socrates, Leonardo, AUF etc., dar și cu ajutorul fondurilor oferite de către contractele naționale de cercetare pe care le-am derulat, DMR a dezvoltat parteneriate cu numeroase colective academice și de cercetare de peste hotare. Aceste legături bilaterale de cooperare s-au materializat prin stagii de pregătire, cicluri de conferințe, schimburi de experiență, activități directe de cercetare, colaborări pentru activitățile doctorale etc. De ele au beneficiat atât membrii DMR cât și un număr însemnat de doctoranzi și studenți de la cele două specializări direct coordonate. Dintre cele mai importante colaborări pe care DMR le-a avut amintim cele cu universitățile partenere din Franța (7), Belgia (2), Anglia (2), Germania (2), Austria (3), Italia (4), Spania (1), USA (1), Grecia (2), Olanda (1), Polonia (1), Cehia (1) și Suedia (1).

12.13 Centrul de Cercetare al FACE (CERCA)

În 2021 s-a organizat Centrul de Cercetare al FACE (CERCA) conform avizului Consiliului Cercetării și aprobării Senatului UCV. Laboratorul de Mecatronică și Robotică (LMR) este unul dintre cele 3 laboratoare ale CERCA. Coordonatorul laboratorului este Conf. dr. ing. Ionuț Cristian Resceanu.

Direcțiile de cercetare ale LMR definite la înființare sunt:

- Cercetare-dezvoltare în direcții principale de cercetare: Bioinginerie medicală; E-learning; Robotică mobilă; Sisteme robotice biomimetice; Structuri robotice modulare bazate pe materiale inteligente; Achiziția, prelucrarea și recunoașterea imaginilor.

- Cercetare-dezvoltare în direcții conexe de cercetare: Metode avansate de conducere cu aplicații în biotehnologie; chimie, energetică, aeronautică; Sisteme inteligente distribuite; Sisteme informatice multimedia; Sisteme și tehnologii avansate pentru educație (e-learning).

12.14. INCESA - Infrastructură de cercetare în științe aplicate

Scopul proiectului INCESA (<http://www.incesa.ro/>) al UCV a fost crearea unei infrastructuri de cercetare și de inovare eficientă în susținerea competitivității economice, reprezentativă pentru cercetarea românească și utilă comunităților locale și regionale. Misiunea INCESA

urmărește îmbunătățirea condițiilor și accesului la finanțare pentru cercetare și inovare și crearea unui mediu pentru transformarea ideilor inovative în produse și servicii generatoare de creștere, competitivitate și locuri de muncă. Proiectul a fost cofinanțat prin Fondul European de Dezvoltare Regională în cadrul Programului operațional – Creșterea Competitivității Economice – POS CCE 2.2.1: Investiții pentru viitorul dumneavoastră.



Fig.12.9. INCESA-Infrastructură de cercetare în științe aplicate a Universității din Craiova

Din punct de vedere logistic, INCESA este un imobil de laboratoare și spații de cercetare având următoarele funcțiuni: Principale (laboratoare, spații de cercetare-învățământ); Secundare: birouri, săli de întâlnire; Conexa (spații tehnice aferente imobilului): centrală termică, încăperi distribuție energie electrică, adăpost pentru protecție civică, etc.

Realizarea proiectului a fost îndeaproape coordonată la nivelul UCV de către Prof. univ. dr. ing. Nicu Bîzdoacă.

Contribuția membrilor DMR se încadrează în direcții majore de cercetare (Direcția de cercetare 3 - Tehnologii și produse mecanice de înaltă precizie și sisteme mecatronice), care au fost definite încă din faza de scrierea proiectului INCESA, în vederea obținerii finanțării acestuia.

Dotările INCESA au permis desfășurarea în condiții superioare a activităților doctorale din cadrul DMR, ceea ce nu a exclus utilizarea lor și ca suport al activităților practice pentru ciclul de licență și cel de master ale specializărilor coordonate de către noi.

PLATFORMA NAȚIONALĂ DE MECATRONICĂ



UNIVERSITATEA TEHNICĂ „GHEORGHE ASACHI” DIN IAȘI

**FACULTATEA DE MECANICĂ
DEPARTAMENTUL DE INGINERIE MECANICĂ, MECATRONICĂ ȘI
ROBOTICĂ¹**

**CENTRUL REGIONAL DE EXCELENȚĂ ÎN
MECATRONICĂ IAȘI**

¹ Bulevardul Prof. Dimitrie Mangeron nr. 43, 700050, Iași, Romania, www.mec.tuiasi.ro
facultatea.mecanica@tuiasi.ro

13. Excelența în educație și cercetare mecatronică la Iași

Gheorghe Prisăcaru, Vasile-Ciprian Stamate

13.1 Scurt istoric

Înainte de a începe prezentarea *Centrului Regional de Excelență în Mecatronică Iași (CREMI)* trebuie să facem precizarea că el este grefat pe structura Departamentului de Inginerie Mecanică, Mecatronică și Robotică (IMMR) din cadrul Facultății de Mecanică din Iași.

Trebuie menționat că în anii 2009 și 2016 au fost editate cărți care au sintetizat activitatea la nivel național a Platformei Naționale de Mecatronică [1][2]. Lucrarea de față va aduce la zi situația acestui centru, punând accent pe perioada 2016 – 2025.

Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" din Iași, a înțeles să promoveze educația și cercetarea în domeniul *Mecatronicii* încă din 1991, când, la inițiativa prof. dr. ing. Spiridon Crețu, decanul în funcție, s-a înființat, la *Facultatea de Mecanică, profilul de Mecatronică* (devenit între timp domeniu), cu durata de studii de 5 ani și cu specializarea de *Mecatronică*.

Coordonarea domeniului de mecatronică (activitate didactică și de cercetare) a revenit *catedrei de Organe de Mașini și Mecatronică*, membrii acesteia asigurând o mare parte a cursurilor și aplicațiilor.

Istoricul evoluției catedrei este prezentat în lucrările [1][2].

În urma reorganizării din anul 2011 catedra de Organe de mașini și Mecatronică a devenit centru al *Departamentului de Inginerie Mecanică, Mecatronică și Robotică (IMMR)*.

În acest moment centrul are în componența 17 cadre didactice (4 profesori, 7 conferențieri, 5 șefi de lucrări și un asistent), 7 cadre didactice asociate, 3 profesori emeritiți, dintre care 11 cadre didactice sunt implicate direct în activitatea didactică la specializarea Mecatronică.

La realizarea programului de pregătire a studenților participă, cu cadre didactice și laboratoare, 4 facultăți: *Facultatea de Mecanică*, cu ponderea cea mai mare, *Facultatea de Automatică și Calculatoare*, *Facultatea de Inginerie Electrică, Energetică și Informatică Aplicată* și *Facultatea de Electronică, Telecomunicații și Tehnologia Informației*.

Programul de studii *Mecatronică* a fost acreditat definitiv în anul 1999, până în prezent (2025) absolvind aceasta specializare peste 670 de tineri specialiști. Începând cu anul 2001 s-a înființat al doilea program de

studii, *Roboți industriali*, sub coordonarea *Centrului de Teoria Mecanismelor și Robotică* (centru în cadrul departamentului IMMR) din cadrul Facultății de Mecanică, care, din anul 2006 a devenit specializarea de *Robotică*.

În prezent, în Facultatea de Mecanică funcționează domeniul de licență *Mecatronică și Robotică*, durata studiilor de 4 ani, cu două programe de studii: *Mecatronică* și *Robotică*.

13.2 Platforma mecatronică pentru cercetare, educație și formare

Pentru susținerea activității în domeniul mecatronicii din cadrul Departamentului Inginerie Mecanică, Mecatronică și Robotică (IMMR) pe cele trei componente: educație, cercetare și formare, este esențială existența unei platforme mecatronice capabile să asigure resursele materiale și didactice necesare. Acestea sunt prezentate succint în continuare.

13.2.1 Oferta educațională

Viitorul absolvent al specializării de mecatronică va fi un *inginer* cu competențe și abilități atât în domeniul *mecanic* cât și în domeniul *electronic* și al *informaticii*, având capacitatea de a integra elementele tehnice specifice acestor domenii în structuri mecatronice. Astfel, va putea activa atât în sfera mentenanței unor asemenea structuri complexe cât și în cea de proiectare a acestora..

Studiile universitare în domeniul mecatronicii sunt organizate pe trei niveluri (cicluri), conform reglementărilor europene: *licență*, *master* și *doctorat*. La întocmirea planurilor de învățământ s-a ținut seama atât de structurarea pe cicluri cât și de specificul domeniului (discipline din cele trei domenii: mecanic, electronic și informatic).

13.2.1.1 Studii de licență

Planurile de învățământ pentru *profilul Mecatronic*, încă de la înființare, au fost concepute astfel încât studenții să capete o pregătire temeinică atât în domeniul fundamentelor *Ingineriei Mecanice* cât și în domeniile de specializare de *Mecatronică* și de *Robotică*.

Structura actuală de pregătire în *profilul Mecatronic* cuprinde două module distincte:

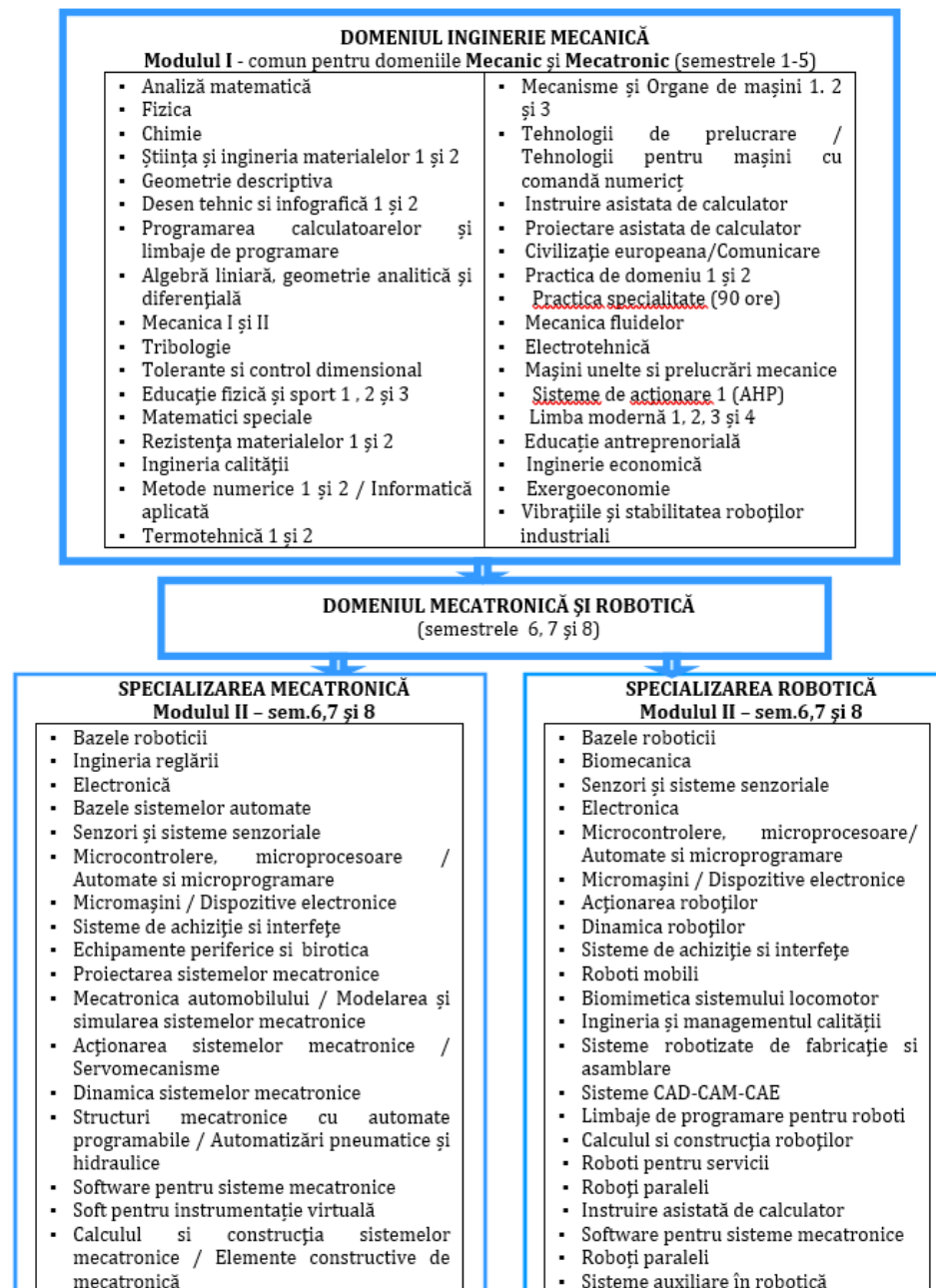


Fig. 13.1. Disciplinele din planurile de învățământ în domeniul Mecatronică și Robotică, studii de licență

- *modulul I*, de pregătire generală în domeniul *Ingineriei mecanice*, comun profilelor *Mecanic* și *Mecatronic*, cu durata studiilor pe perioada primelor 5 semestre (<https://mec.tuiasi.ro/studii/planul-de-invatamant/>).
- *modulul II*, de pregătire în profilul *Mecatronic*, cu durata studiilor pe perioada ultimelor 3 semestre, cu discipline specifice celor două specializări, *Mecatronică* și *Robotică* (<https://mec.tuiasi.ro/studii/planul-de-invatamant/>).

In semestrul 5 se regăsesc discipline specifice modulelor I și II.

Disciplinele specifice celor două module și specializări sunt prezentate în Fig. 13.1.

Centrul de *Organe de mașini și Mecatronică* asigură susținerea unui număr important de discipline, după cum urmează:

- **Discipline tehnice de bază pentru domeniul Inginerie mecanică:** *Programarea calculatoarelor și limbaje de programare, Tribologie, Proiectarea asistată de calculator, Vibrațiile și stabilitatea roboților industriali, Organe de mașini și Bazele sistemelor automate*, pentru toate cele trei domenii ale Facultății de Mecanică;

- **Discipline de specialitate pentru domeniul Mecatronică și Robotică:** *Sisteme de achiziție și interfețe, Echipamente periferice și birotică, Proiectarea sistemelor mecatronice, Mecatronica automobilului, Acționarea sistemelor mecatronice, Acționarea roboților, Structuri mecatronice cu automate programabile, Automatizări electropneumatice și pneumatice, Calculul și construcția sistemelor mecatronice, Calculul și construcția roboților.*

13.2.1.2 Studii de master

În cadrul studiilor de master, din anul 2001 s-a înființat la Facultatea de Mecanică specializarea *Controlul și calitatea roboților*, cu durata de studii de 1 an, coordonată de catedra de Mecanisme și Robotică. Din anul 2005 s-a înființat și specializarea de masterat *Mecatronică avansată*, cu durata studiilor de 1 an, sub coordonarea catedrei de Organe de mașini și Mecatronică. Începând cu anul universitar 2009-2010, vor funcționa următoarele masterate cu durata de 2 ani: *Mecatronică avansată* și *Sisteme robotizate*, ambele specializări de masterat fiind acum acreditate. Disciplinele specifice celor două specializări de masterat sunt prezentate în Fig. 13.2.

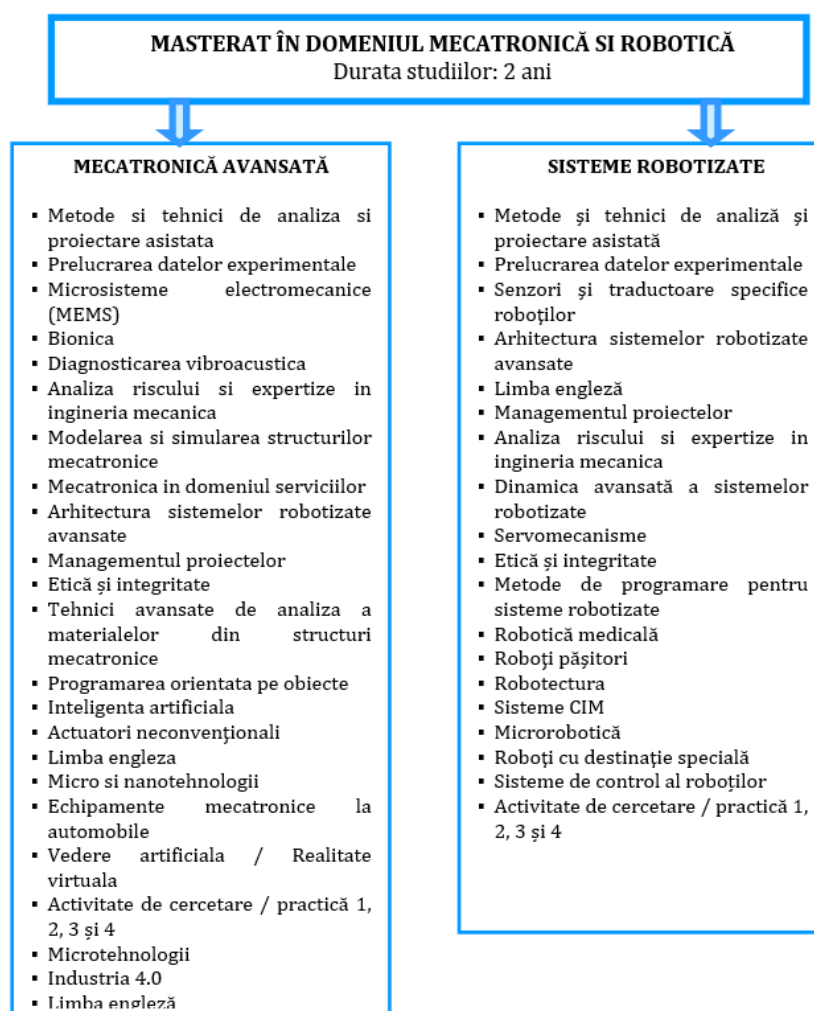


Fig. 13.2. Disciplinele din planurile de învățământ pentru specializările de masterat: Mecatronică avansată și Sisteme robotizate

13.2.1.3 Studii doctorale

De la înființarea Catedrei de Organe de mașini și până în anul 2016 au fost 6 conducători de doctorat, sub îndrumarea acestora finalizându-se peste 65 de teze de doctorat [3].

O parte dintre acestea precum și unele dintre tezele de doctorat în derulare au fost sau sunt în cotutelă. Instituțiile partenere din străinătate sunt: INSA Lyon (Franța), Universitatea Twente (Olanda), Universitatea D'Artois (Franța), Universitatea Minho (Portugalia) [3].

Actualmente, catedra se regăsește sub denumirea de *Centrul de Organe de Mașini și Mecatronică*, ca parte a Departamentului IMMR și susține studiile doctorale pe domeniul Inginerie mecanică cu 7 conducători de doctorat: prof.dr.ing Spiridon Crețu, prof.dr.ing. Dumitru Olaru, prof.dr.ing. Cornel Munteanu, prof.dr.ing. Ioan Doroftei, prof.dr.ing. Carmen Bujoreanu, prof.dr.ing. Viorel Paleu, prof.dr.ing. Marcelin Benchea cu un număr de 40 de doctoranzi aflați în diferite stadii de pregătire.

Temele de cercetare din domeniul mecatronicii în care sunt implicați doctoranzii (Tab.1) se înscriu în temele de cercetare ale centrului și sunt axate pe 4 direcții principale:

- *fiabilitatea sistemelor mecatronice în corelație cu procesele macro, micro si nanotribologice.*
- *cercetări privind influența caracteristicilor microtopografiei suprafețelor asupra fiabilității contactelor concentrate din sisteme mecatronice;*
- *studiul structural al materialelor avansate și tehnica depunerilor în straturi;*
- *actuatori neconvenționali.*

Tabelul 13.1 Teme de doctorat

Nr.crt.	Teme de doctorat
1	Influența caracteristicilor de amplitudine ale microtopografiei suprafețelor asupra fiabilității contactelor concentrate din sisteme mecanice și mecatronice, prof. dr. ing. Sp. Crețu
2	Cercetări privind frecarea în microsisteme mecatronice, prof. dr. ing. Dumitru Olaru
3	Studiul proceselor tribologice în actuatori și microstructuri de tip MEMS, prof. dr. ing. Dumitru Olaru
4	Cercetări privind depuneri de straturi subțiri pe suprafețe și comportarea mecanică a acestor straturi, prof. dr. ing. Cornel Munteanu
5	Studii și cercetări privind analiza și diagnosticarea zgomotelor și vibrațiilor autovehiculelor – prof. dr. ing. Carmen Bujoreanu
6	Cercetări privind modelarea proceselor de frecare în regimuri tranzitorii - prof. univ. dr. ing. Dumitru OLARU
7	Cercetări privind performanțele dinamice ale supapelor de evacuare din componența pompelor de înaltă presiune de tipul rampă comună – prof. dr. ing. Carmen Bujoreanu

8	Cercetări privind dezvoltarea unor noi sisteme mecatronice de reabilitare a articulației gleznei – prof.dr.ing. Ioan Doroftei
10	Cercetări asupra influenței unor depuneri superficiale pe aliaje metalice biodegradabile utilizate în domeniul medical – prof.dr.ing. Cornel Munteanu
11	Influența unsoirii asupra frecării în rulmenții miniaturali - prof. univ. dr. ing. Dumitru OLARU
12	Cercetări pentru optimizarea tehnicilor de mentenanță a sistemelor industriale

13.2.2 Activitatea de cercetare

Activitatea de cercetare se desfășoară, în urma reorganizării din anul 2025, în cadrul a două centre: *Centrul de Cercetare "Inginerie mecanică și Materiale" (IMM)* și *Centrul de Cercetare "Mecatronica și Robotica" (MR)*. Dotarea laboratoarelor acestor centre cu aparatură precum și expertiza științifică a resursei umane fac posibilă abordarea unor teme de cercetare din domeniul mecatronicii și roboticii.

Rezultatele cercetării s-au materializat în contracte de cercetare, granturi de cercetare, cărți și lucrări științifice. Mare parte din aceste rezultate sunt prezentate în lucrările [1] și [2]. În continuare, vor fi prezentate, pentru perioada 2016-2025, **liste selective** pe categorii de rezultate ale cercetării.

a. Cărți, capitole de cărți:

- Vlad Cârlescu, *Bionica. Soluții ingineresti inspirate din natură*, Editura Universității Tehnice "Gheorghe Asachi" din Iași, 2023, ISBN 978-973-621-536-
- Gelu Ianuș, Vistrian Mătieș, Gheorghe Prisăcaru, Carmen Bujoreanu Cristel Știrbu, Mihaela Rodica Bălan, Ana Tufescu, Vasile Ciprian Stamate, Vlad Cârlescu, *Mecanică Fină și Mecatronică, vol. 2 Mecatronică*, editura Tipografia Centrală, Chișinău, 2022, ISBN 978-5-88554-129-9
- Bhaumik, Shubrajit, Chiradeep Ghosh, Basudev Bhattacharya, Viorel Paleu, Rajeev Kumar Naik, Prayag Gopinath, A. Adithya, and Ankur Dhanwant. "Influence of Surface Texturing on Friction and Wear." *Automotive Tribology* (2019): 217-235.
- Vikram, Kamlendra, Sumit Pramanik, Viorel Paleu, and Shubrajit Bhaumik. 2024, "Surface Modification of Magnesium Alloy Employing External Coating for Biomedical Applications." In *Magnesium Alloys for Biomedical Applications*, pp. 109-123. CRC Press.
- Stamate C.: *Aplicații MEMS în domeniul biomedical*. Editura PIM, Iași, 2024,, ISBN:978-606-13-8119-7.

- Olaru D., Stamate C.: *Microsisteme mecatronice. Principii de bază, tehnologii de fabricație și soluții constructive*, Iași 2021.
- Ana Tufescu, *Elemente fundamentale de proiectare asistată în CATIA V5*, Editura Universității Tehnice „Gheorghe Asachi” din Iași, Iași, 2023, ISBN 978-973-621-516-2.
- Ioan Doroftei, Mircea Nitulescu, Doina Pislă, Erwin-Christian Lovasz, *25th International Symposium on Measurements and Control in Robotics*, Proceedings of ISMCR 2023, Ed. Springer, 2023, ISBN 978-3-031-25655-4.
- Ioan Doroftei, Balint Kiss, Yvan Baudoin, Zafar Taqvi, Simone Keller Fuchter, *25th International Symposium on Measurements and Control in Robotics*, Proceedings of ISMCR 2023, Ed. Springer, 2023, ISBN 978-3-031-51084-7.

b. Lucrări științifice:

- Alavanthar, A., Bhaumik, S. and Paleu, V., 2024. *Investigating the Failure Mechanisms During the Epoxy-Coated Bearing Steel–Steel and Uncoated Bearing Steel–Steel Interactions (Crack Formation, Surface Tears, Schallamach-like Waves) and Their Corrosion Resistance in NaCl Environment*. Journal of Bio-and Tribo-Corrosion, 10(4), p.84.
- Krishnamoorthy, V., Anitha John, A., Bhaumik, S. and Paleu, V.*, 2024. *Mapping Acoustic Frictional Properties of Self-Lubricating Epoxy-Coated Bearing Steel with Acoustic Emissions during Friction Test*. Technologies, 12(3), p.30.
- Bhaumik, S.; Paleu, V.*; Chowdhury, D.; Batham, A.; Sehgal, U.; Bhattacharya, B.; Ghosh, C.; Datta, S. *Tribological Investigation of Textured Surfaces in Starved Lubrication Conditions*. Materials 2022, 15, 8445.
- Macovei, Gheorghe and Paleu, Viorel*. "A Review on Tribological Behaviour of 3D Printed Mechanical Components" Bulletin of the Polytechnic Institute of Iași. Machine constructions Section, vol.68, no.3, 2022, pp.41-56.
- Dumitru N. Olaru, Mihaela Rodica D. Bălan, Ana Tufescu, Vlad Cârlescu, Gheorghe Prisăcaru, *Influence of the cage on the friction torque in low loaded thrust ball bearings operating in lubricated conditions*, Tribology International, Volume 107, March 2017, Pages 294–305, (Online 11, 2016).
- Vlad Cârlescu, Dumitru N. Olaru, Gheorghe Prisăcaru, Cezar Oprisan and José Machado, *Sensors and Actuators on Determining Parameters for Being Considered in Selection of Elastomers for Biomimetic Hands*, SENSORS, (2017), Jun; 17(6): 1190.
- Andrei Popescu, Luc Houpert, Dumitru N Olaru, *Four approaches for calculating power losses in an angular contact ball bearing*, MECHANISM AND MACHINE THEORY, (2020), vol.144, February 2020.
- Denis Cojocaru, Gelu Ianuș, Vlad Cârlescu, Bogdan Chiriac, Dumitru Olaru, *Friction Torque in Miniature Ball Bearings*, LUBRICANTS 2025, 13(1), 12;
- V.Carlescu, D.N.Olaru, Gh. Prisăcaru, C.Oprisan, R.Stirbu, J.Machado, *Influence of the indentation speed on viscoelastic behavior of the human finger*, In: Machado J., Soares F., Veiga G. (eds) Innovation, Engineering and

- Entrepreneurship. HELIX 2018. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 505. (ISI) Springer, Cham, pp 143-150. Print ISBN 978-3-319-91333-9.
- C M Oprisan, B Chiriac, V Carlescu and D N Olaru, *Friction forces on human finger skin*, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 724, International Conference on Tribology (ROTRIB'19) 19–21 September 2019, Cluj- Napoca, Romania.
 - Simona-Nicoleta Mazurchevici, Bogdan Pricop, Bogdan Istrate, Andrei-Danut Mazurchevici, Vlad Carlescu, Constantin Carausu, Dumitru Nedelcu, *Technological Parameters Effects on Mechanical Properties of Biodegradable Materials Using FDM*, MATERIALE PLASTICE 57 (2) 2020, 215 – 227.
 - Vlad Cârlescu, Dumitru N. Olaru, Gheorghe Prisăcaru, Cezar Opreșan and José Machado, *Sensors and Actuators on Determining Parameters for Being Considered in Selection of Elastomers for Biomimetic Hands*, SENSORS 2017, 17.
 - Opreșan C.M., Chiriac B., Ianuș G., Olaru D.N., *Influence of Hand 4/5=0,8 Formular PO.DID.10-F7 5 Sanitisers on the Friction Properties of the Finger Skin Amid the COVID-19 Pandemic*, 1st International Conference on Innovation in Engineering, ICIE 2021 Guimarães 28 June 2021 through 30 June 2021, In: Innovation in Mechanical Engineering, Lecture Notes in Mechanical Engineering Pages 420 – 428 (2022).
 - V Cârlescu, C M Oprisan, G Ianuș and D N Olaru, *Evaluation of friction behaviour on human finger skin considering precision grip task*, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 997 (2020).
 - Vlad Cârlescu, Mihai Adrian Rusu, Gheorghe Prisăcaru, Emanuel Miron, José Machado and Dumitru Olaru, *Behavior of the Elastomers Used in Prehension Systems for Small Cylindrical Objects*, CONTROLO 2016, Lecture Notes in Electrical Engineering 402 (2017).
 - D Cojocaru, G Ianuș and V Cârlescu, *Film thickness in miniature ball bearing grease lubricated*, The 10th International Conference on Advanced Concepts in Mechanical Engineering (ACME 2022) 09/06/2022 - 10/06/2022 Online, IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1262 012005
 - Macovei Gh., Stamate C.V., Paleu V.: *Tribological characteristics of additive manufactured components by digital light processing*, Acta Technica Napocensis, Series: Series: Applied Mathematics, Mechanics, and Engineering, Vol.66, No.5 (2023), pp.477-484, ISSN:1221-5872, BDI/2023
 - Macovei Gh., Stamate C.V., Paleu V.: *Tribological characteristics of additive manufactured components by digital light processing*, Acta Technica Napocensis, Series: Series: Applied Mathematics, Mechanics, and Engineering, Vol.66, No.5 (2023), pp.477-484, ISSN:1221-5872,
 - Axinte C.T., Stamate C., Lupu R.G., Alexandru Barleanu A., Georgiana Juravle G.: *A Scalable Haptic Circuit for Multi-digit Grasps*, Haptics: Science, Technology, Applications, EUROHAPTICS 2022, vol. 13235, pp. 343-346, doi:10.1007/978-3-031-06249-0. 13th International Conference on Human Haptic Sensing and

Touch Enabled Computer Applications, EuroHaptics 2022, Hamburg, Germany, May 22–25, 2022, Conference proceedings.

- Bujoreanu C, Olaru D., Prisacaru Gh., *Modelling cyber-physical systems: some issues and directions*, IOP Conference Series-Materials Science and Engineering, Vol. 444, 2018.

- Burlacu A., Irimia D., Stamate C. and Doroftei I., *Semi-Automated Procedure for Waste Printed Circuits Boards Semi-Automated Procedure Reduction*, Smart Applications & Technologies for Electronic Engineering, SATTEE 2018, Alba-Iulia, June, 21-23, Romania.

- Bujoreanu C., Benchea M, *Experimental investigation of noise characteristics for HVAC silencers*, MATEC Web of Conferences vol.112, 2017.

- Bujoreanu C, *Theoretical and Experimental Aspects Regarding Nonlinear Effects of Dry Friction and Unbalanced Rotational Mass in a Dynamical System*, Mechanika, Vol. 24(6), 2018

- Bujoreanu C, *A model of the effect of dry friction on the behaviour of a dynamical system*, Conference Series-Materials Science and Engineering, Vol. 997, 2020.

c. Contracte de cercetare/granturi:

- Contract Principal: ROSE AG329/SGU/PV/III/2020

Titlul proiectului: Școala de vară pentru elevi „Vreau să fiu student” – MECSTUD

Contractor: Universitatea Tehnică „Gh. Asachi” din Iași

Director de proiect: conf.univ.dr.ing. Gelu IANUȘ

Atelier de lucru - ”Mașina inteligentă”

- Proiect internațional nr. 2SOFT/1.1/64/2020, din cadrul programului „Joint Operational Programe Romania - Republic of Moldova 2014 - 2020”, finanțat prin ENI CBC, Titlul proiectului: „Cross border cooperation in mechatronics engineering education” - (CBCinMEE).

Contractor: Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași

Manager de proiect: conf.dr.ing. Gelu IANUȘ

- Cod Contract: PN-III-P1-1.2-PCCDI-2017-0652. Contract nr. 84PCCDI/2018

Titlul proiectului: Tehnologii inovative pentru recuperarea avansată a materialelor din deșeuri de echipamente informatice și de telecomunicații (TRADE-IT)

Director proiect complex (DPC): conf.univ.dr.ing. Ioan Marius PURCAR

Coordonator: Universitatea Babeș Bolyai din Cluj - Napoca.

Partener 4 proiect complex (P4) - Universitatea Tehnică "Gheorghe Asachi" Iași;

Responsabil partener 4 (RP4): prof.univ.dr.ing. Ioan DOROFTEI

PROIECT 1 "Tehnologii optimizate cu impact redus asupra mediului pentru recuperarea avansata a materialelor din deșeuri de echipamente informatice și de telecomunicații" – TORA

- Contract tip PN-III-P1-1.1-TE-2021-0156, UEFISCDI,

Titlu proiect: Silicone-based modular artificial sensing skin for MMOD impact damage detection and evaluation system in spacecraft, acronym SilArtSkin

Beneficiar: Institutul de Chimie Macromoleculară "Petru Poni" din Iași (ICMPP)

Perioada: 05.2020 – 05.2024 (24 luni)

Director proiect: dr. Bele Adrian

Echipa proiect: 8 membri Funcția în proiect: Cercetător în mașini și instalații mecanice CSIII (cercetător postdoctoral) – Vlad Cârlescu

- PN III PCCDI 60/2018 - 2020, Obținerea și expertizarea unor noi materiale biocompatibile pentru aplicații medicale, director de proiect prof. dr. ing. Corneliu Munteanu

- PN III RU-TE, 27TE/2022

Titlu: Materiale metalice biodegradabile inovative din sistemul Mg-Ca-Zn utilizate în aplicații ortopedice

Director proiect: Bogdan Istrate

- 6054/2023

Titlu: Determinări microstructurale compoziționale (SEM-EDX) și difracție de raze X (XRD) pentru materiale speciale

Director proiect: Bogdan Istrate

e. Organizarea de conferințe științifice

Strâns legată de cercetare, diseminarea rezultatelor acestora în cadrul comunității științifice reprezintă o componentă importantă. Prin urmare, Departamentul IMMR se ocupă de secțiunea de Mecatronică și Robotică a conferinței internaționale a facultății, **ACME** (*Advanced Concepts in Mechanical Engineering*), care are loc din doi în doi ani. În anul 2024 s-a desfășurat cea de-a XI-a ediție.

13.2.3 Infrastructura didactică și de cercetare

Infrastructura didactică și de cercetare trebuie să țină seama de competențele pe care trebuie să le dobândească absolventul de mecatronică. Astfel, s-a conturat o **platformă pentru educație și cercetare în mecatronică** care să permită materializarea următoarelor concepte: abordare interdisciplinară care să conducă la o *gândire sistemică și integratoare*; instruire „*hand on*”, cu alte cuvinte o „*instruire practică*”, cu lucrul pe echipamente mecatronice; să permită deprinderea cu „*lucrul în echipă*”; *învățare prin cercetare*.

13.2.3.1 Laboratoare didactice

Laboratoarele gestionate de *Centrul de Organe de mașini și mecatronică* pentru programul de studii Mecatronică sunt următoarele (în lucrarea [2] s-a făcut o prezentare detaliată a acestor laboratoare):

- laborator de Organe de mașini și Elemente constructive de mecatronică ;
- laboratorul de Programarea și utilizarea calculatoarelor;
- laboratorul de Proiectare asistată de calculator;

- laboratorul de Vibrații mecanice și de Diagnosticare vibroacustică a structurilor mecatronice;
- laboratorul de Tribologie și microtribologie;
- laboratorul de Acționarea sistemelor mecatronice și Automatizări pneumatice și hidraulice;
- laboratorul de Echipamente periferice;
- laboratorul de Sisteme de achiziții de date și prelucrarea semnalelor;
- laborator de Microcontrolere și microprocesoare;
- laboratorul de Mecatronica automobilului.

În ultimii ani, la nivelul facultății s-a dus o politică de creștere nivelului de dotare a laboratoarelor și sălilor de curs. Printre aceste dotări sunt și cele din *Laboratorul de Organe de mașini și Elemente constructive de mecatronică*:

- stand complex de instruire practică în mecanică: alinierea arborilor, cuplaje mecanice, rulmenți, lagăre și etanșări, mecanisme de transmisie: șurub cu bile, rulmenți liniari, ambreiaje și frane, măsurarea și analiza vibrațiilor;
- punte tensometrică

Pentru laboratorul *de Tribologie și microtribologie* a fost achiziționată Mașina cu patru bile, marca DUCOM FBT3, cu sistem de încărcare automat integrat pentru determinarea frecării, a presiunii extreme și a caracteristicilor de uzură a lubrifianților lichizi.

Pentru *laboratorul de Acționarea sistemelor mecatronice și Automatizări pneumatice și hidraulice* au fost achiziționate:

- echipament MecLab, destinat instruirii/simularii a unor procese; tehnologice industriale specifice mecatronicii
- linie modulară de producție electropneumatică pentru studiul conceptelor de Industrie 4.0 – MPS 203 Industry 4.0 ;
- robot industrial Mitsubishi, model Electric RV-2FB;
- brat robotic cu două axe, acționare electropneumatică;
- scanner 3D .

13.2.3.2 Laboratoare de cercetare

Aceste laboratoare fac parte din cele două centre de cercetare: *Centrul de Cercetare "Inginerie mecanică și Materiale" (IMM)* și *Centrul de Cercetare "Mecatronica și Robotica" (MR)*. În continuare vor fi prezentate laboratoarele de cercetare corespunzătoare celor două centre și dotarea cu echipamente a fiecăruia dintre ele.

A. Centrul de Cercetare "Mecatronică și Robotică" (MR)

A.1 Laborator de testare la nivel micro a materialelor cu aplicații în domeniul mecatronicii:

Stand pentru măsurarea caracteristicilor electromecanice ale polimerilor electroactivi (EAP) cu auxiliare: H-voltage supply / controller Trek Model 610E, Surse de alimentare DC cu ieșire triplă Model 1672, amplificator Lock-in-Amplifier, micrometru electronic, sistem Compact Plug-and-Play USB-DAQ și sistem de condiționare a semnalului (microBox, Disynet) folosind un software dedicat Sensor2USB; Tester UMT 2 pentru testări la nivel micro a materialelor cu auxiliare specific; software pentru modelarea și simularea structurilor mecanice, fluidice și electromagnetice (ANSYS)

A.2 Laborator de acționări și automatizări pneumatice și electropneumatice (Industria 4.0):

Echipament MecLab, destinat instruirii/simulării a unor procese tehnologice industriale specifice mecatronicii; linie modulară de producție pneumatică și electrică pentru studiul conceptelor de Industrie 4.0 – MPS 203 Industry 4.0; este conectat în rețea industrială de tip PROFINET și echipată cu mai mulți senzori RFID, atât pentru scriere cât și pentru citire date; robot Industrial Mitsubishi, model Electric RV-2FB; braț robotic cu două axe, acționare electropneumatică, cu motor pas cu pas; Scanner 3D.

A.3 Laborator „Tehnici de printare 3D”:

Flotă de imprimante 3D cu diferite tehnologii: 1. UNIZ Slash Pro UDP – încorporează tehnologia UDP (Uni-Directional Peel™); 2. Anycubic Photon – de înaltă rezoluție cu rășină prin tehnologia DLP – Digital-Light Processing; 3. UP BOX+ – tehnologia cu fir ; 4. UP BOX mini – tehnologia cu fir.

A.4 Laborator de diagnosticare vibroacustică:

Echipamente pentru măsurare vibrații /zgomot și achiziții de date: aparat spectral de zgomote și vibrații Svan 979 – clasa 1; echipament digital pentru analiza stării de funcționare a mașinilor Leonova™ infinity, SPM-Suedia; echipament pentru diagnosticare vibroacustică compus (placă achiziții pentru laptop în format PCMCIA, DAQCard 6062E, sonometru profesional 2209 B&K pentru analiza de zgomot, module condiționare semnal; plăci de achiziții de date NI (PCI-6024E/CB-68LP , AT-MIO-16E-10; accelerometre și microfoane B&K); echipament pentru training Elvis III plus plăcile de achiziție și prelucrare cu care este echipat: QAB – Mech Sensors, QAB – Controls for NI ELVIS

III,QAB – MOD PEN for NI Elvis III (Pendulum Accessory); placă reconfigurabilă MyRio 1900 și kiturile de accesorii aferente; Licențe Labview FDS 10 users (10 utilizatori); camera anecoică (caracteristicile conforme standardelor internaționale pentru diagnosticare și analiză vibroacustică).

A.5 Laborator de Știința mecanismelor și mașinilor:

Instalație pentru determinarea randamentului la un angrenaj melcat; echipamente pentru echilibrarea dinamică a rotoarelor; standuri pentru studiul dinamicii angrenajelor cilindrice; placă de achiziție date experimentale cu patru intrări/ieșiri analogice PC Lab 1200 A NI; traductoare potențiometrice liniare rezistive și inductive liniare diferențiale de deplasare, OMEGA; osciloscoape digitale, accelerometru de înaltă rezoluție 352A76 (PCB-Piezotronics); sistem măsură momente dinamice 200Nm; n-quirerTTV3basic – Software de baza (Laptop / PC) pentru preluare date de la traductoare N-Generic.

A.6 Laborator de Roboți de tip manipulator și sisteme robotizate industriale:

Sistem flexibil de fabricație și asamblare, cu 2 roboți seriali ABB și un strung automat; sistem flexibil de sortare și ambalare, cu un robot serial ABB și un robot paralel ABB; patru roboți educaționali de tip manipulator; 1 manipulator paralel educațional; robot Mitsubishi RV-2AJ ; osciloscoape digitale; placă externă de achiziție NI USB6009 cu LabVIEW Student Edition; surse reglabile duble HY3005-2 (0–30V, 0–5A); licență pentru softul EASY-ROB App Professional Education – Software educațional pentru universități și colegii; braț robotic Dobot Magician – versiune Educațională (2 buc.).

A.7 Laborator de Roboți mobili și interacțiune om-robot și sisteme recuperare aparat locomotor:

Robot mobil ROBOTINO; platforme robotice mobile (5 roboți pășitori hexapozi; 2 mini-roboți cu 3 roți; 1 mini-robot mobil cu locomoție hibridă; 1 mini-robot mobil pentru inspectarea la interior a tuburilor; 3 mini-roboți mobili cu șenile; 3 mini-roboți pășitori bipezi; 1 mini-robot mobil reconfigurabil; 2 roboți mobili omnidirecționali cu roți suedeze; 1 mini-robot pășitor biped și sistem de comandă prin radio; 2 roboți mobili omnidirecționali cu roți universale; 1 mini-robot mobil cu o roată sferică); robot mobil cu roți – National Instruments; robot mobil cu roți pentru detectare mine antipersonal; robot mobil cu șenile pentru detectare colete periculoase; surse reglabile duble HY3005-2; multimetre digitale portabile; osciloscop digital; traductor de poziție

unghiulară, placă de achiziție date NI USB-6009 Student Kit; imprimantă 3D UP Box; imprimantă 3D (kit); robot umanoid NAO 6 – versiune; sistem de operare încorporat: Linux (Gentoo); limbaj de programare încorporat; robot social (interacțiune om-robot); sisteme de recuperare a gleznei.

A.7 Laborator de Biomecanică

Dispozitiv de tip pendul fizic pentru determinarea momentului de inerție masic axial; machete pentru studiul biomecanicii; proteze de membru inferior amputat; calculator cu software pentru analiza cinematică prin metoda cinematografică.

B. Centrul de Cercetare "Inginerie mecanică și Materiale" (IMM)

B.1 Laborator de studiul materialelor:

Sisteme de achiziție și prelucrare date: 8 Microscoape metalografice OPTIKA IMM-1/IM 7200 + Camere digitale color GO-3, Putere de mărire maximă: 500X; software profesional de analiza și captură cu aplicații în multiple domenii de cercetare; 8 Calculatoare ASUS TA-8 Series: Intel Pentium Dual CPU E2200@ 2; tablă inteligentă HITACHI; durimetre portabile pentru determinarea durității Brinell.

B.2 Laborator de materiale avansate și expertize tehnice:

Difractometrul cu raze X – X'PERT PRO MRD Panalytical; microscop metalografic Leica DMI5000 M, Mărire maxima: 1000X; 5 sisteme de achiziție și prelucrare date compuse din: Microscoape metalografice OPTIKA IMM-1/IM 7200 + Camere digitale GO-3; software profesional de analiză și captură cu aplicații în multiple domenii de cercetare; LCD SAMSUNG tip PS50A410, diagonală 50 inch, HDTV Ready; balanță analitică AGN 200; EXTECH Dual-Laser 50:IR Thermometer; tablă inteligentă HITACHI.

B.3 Laborator de microscopie electronic:

Microscopul Electronic QUANTA 200 3D, dual beam + energy-dispersive X-ray spectroscopy analysis unit—Xflash Bruker, USA; microscop metalografic optic Meiji Techno 70.

B.4 Laborator de ingineria suprafeței:

Instalația de depunere în jet de plasmă SPRAYWIZARD-9MCE; cuptor de tratament termic Nabertherm – LT 24/12; 4.5kW; Tmax: 1200°C; cuptor de tratament termic Nabertherm cu incintă separată cu atmosferă controlată – N41/H; 15kW; Tmax: 1280°C.

B.5 Laborator de pregătirea probelor metalografice:

Mașină de debitat probe metalice cu discuri abrazive – Metkon Metacut 302; mașină de înglobat probe metalografice Metkon Ecopress

52; mașină de șlefuit și lustruit probe metalografice Metkon Forcipol 202.

B.6 Laborator de stocare a hidrogenului pentru aplicații industriale:

Prototipuri de sisteme de stocare capilare; bicicletă și trotinetă adaptate pe sistemul Fuel Cell ce utilizează hidrogenul.

B.7 Laborator de încercarea materialelor, oboseală și mecanica ruperii:

Mașină universală de încercări statice și la oboseală INSTRON 8801 (100kN); mașină de încercat Instron Electromechanical Testing System cu capacitatea de $\pm 5\text{KN}$, – MODEL 34SC-5 cu soft de control; mașină de încercat la solicitarea compusă de tracțiune – torsiune cu sistem de achiziție de date; durimetru Vickers cu sarcina maximă de încărcare de 30kgf.

B.8 Laborator de analiza experimentală a tensiunii:

Sistem pentru determinarea tensiunilor remanente RS200; sistem de achiziții de date ESA Messtechnik Traveller 1; multimetru digital Agilent 34401A; actuator programabil liniar FESTO DMES 40-500; defectoscop pentru examinarea nedistructivă cu ultrasunete a materialelor, de tip OLYMPUS Panametrics –NDT EPOCH LT; accelerometru piezoelectric ESAM (Germania) $\pm 500\text{g}$; Senzori de forță cu mărci tensometrice (HBM, Tectsis, ESA – Germania) de 180N – 5kN; Punte tensometrică Vihay P3; Sistem de achiziție date NI, Polariscop prin reflexie Vishay cu camera video de mare rezoluție, laptop și software dedicat PhotoStress.

B.9 Laborator de tribologie si microtribologie:

Microtribometru CETR-UMT2: construcție modulară cu servocontrol, posibilitate de echipare cu sisteme de testare de tip pin –disc la scară micro și la scară macro, forțele de apăsare și de frecare 0,01mN-20N, rezoluția 1 μN -1mN; sisteme de monitorizare a uzurii la scară micro și nano; sisteme pentru micro și nanoindentare, micro și nano zgâriere (scratch); sistem de monitorizare prin emisie acustică (AE) a proceselor de frecare și de uzare; accesorii: microscop optic; traductor de temperatura, umiditate și presiune cu soft aferent; profilometru Form Talysurf Intra M112/ 3344-02 cu accesorii (Firma Taylor Hobson, Anglia); mașina AMSLER (Type A 135, Wolpert Werkstoffprüfmaschinen G.m.b.H. in Schaffhausen, Switzerland) pentru testări de uzare și de frecare în cuple cu rostogolire și/sau alunecare, cu achiziții de date numerice; mașină cu patru bile, marca DUCOM FBT3, cu sistem de încărcare automat integrat pentru determinarea frecării, a presiunii extreme și a caracteristicilor de uzură a lubrifianților lichizi, cu 17

standarde ASTM pentru testări de lubrifianți lichizi și posibilitatea de testare la sarcini de pînă la 10 000 N, turația maximă 3000 rot/min, temperatura maximă 90 °C, echipat cu tabletă cu Windows mobile și conexiune Cloud, cu sistem digital de achiziție a imaginii – microscop optic digital - - pentru măsurarea urmei de uzură, cu iluminare integrată și focalizare prestabilă.

B.1. Laborator de Organe de mașini:

Standuri pentru: studiul angrenajelor; studiul alunecării la transmisiile prin curele; studiul frecării în rulmenți; studiul ambreiajelor cu fricțiune; studiul regimului de ungere în lagăre cu alunecare; studiul frecării în cupla șurub –piuliță; determinarea rigidității elementelor unei asamblări filetate; sistem de frânare; mașină de încercări la oboseală rotativă; stand complex de instruire practică în mecanică: alinierea arborilor, cuplaje mecanice, rulmenți, lagăre și etanșări, mecanisme de transmisie: șurub cu bile, ghidaje liniare, ambreiaje și frâne , măsurarea și analiza vibrațiilor.

13.3 Cooperarea națională și internațională

13.3.1 Cooperare națională

Activitățile în acest sens, expuse în [1] [2] au continuat. Astfel, Centrele din cadrul Platformei Naționale de Mecatronică au colaborat pe diferite direcții, cum ar fi: organizarea Concursului național anual Zilele Educației Mecatronice (ZEM); introducerea în COR a calificării de *Tehnician mecatronist* și inițierea unei acțiuni de modificare a curriculei pentru aceasta calificare, cu implicarea Ministerului Educației și Cercetării prin departamentul abilitat; inițierea de propuneri de proiecte de cercetare; colaborarea privind susținerea doctoratelor în specializarea mecatronică, în publicarea științifică; participarea în comisii de concurs pentru ocuparea funcțiilor didactice ș.a.

13.3.2 Cooperare internațională

a. Proiecte europene internaționale

În colaborare cu Universitatea Tehnică a Moldovei și cu implicarea Asociației SROMECA (prin președintele de onoare prof. DHC dr.ing. Vistrian Mătieș) s-a finalizat proiectul 2SOFT/1.1/64/2020 - „Cross border cooperation in mechatronics engineering education”

(CBCinMEE), din cadrul programului „Joint Operational Programe Romania - Republic of Moldova 2014 - 2020” având următoarele obiective:

- obiectiv general: Creșterea accesului la educație și îmbunătățirea calității învățământului ingineresc prin cooperarea transfrontalieră în cele două universități.

- obiectiv specific 1: Dezvoltarea domeniului „Robotică și Mecatronică” la nivel de licență prin modernizarea planurilor de studii, curriculei, laboratoarelor la Universitatea Tehnică a Moldovei.

- obiectiv specific 2: Elaborarea planului de studii, suport metodic și didactic (note de curs, aplicații, laboratoare) pentru noul Program de studii de masterat (ciclul II) „Mecatronică avansată” la Universitatea Tehnică a Moldovei

- Obiectivul specific 3: Dezvoltarea Programului de studii de master „Mecatronică Avansată” (Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași) prin modernizarea planurilor de studii, curriculei și laboratoarelor.

b. Programe ERASMUS

Din 1998 au început să se deruleze la Universitatea Tehnică „Gheorghe Asachi” din Iași programele europene SOCRATES – ERASMUS pentru studenți și cadre didactice, în care au fost incluse și activități specifice *profilului mecatronic*. Astfel, s-au stabilit acorduri de cooperare cu importante universități din Europa precum: *INSA – Lyon, Franța, Universitatea de Științe Aplicate HTW din Saarbrücken, Germania, Universitatea Liberă din Bruxelles, Université Blaise Pascal Clermont II, Institut Français de Mécanique Avancée, Franța, University of Calabria, Italia, Universitatea Catolică din Leuven, Belgia, Universidade do Minho, Portugalia, Universitatea D'Artois, Franța, Politehnica din Torino, Italia, Academia Militară Regală din Bruxelles, Belgia, Universitatea Tehnică din Karlsruhe, Germania, Institutul Tehnologic din Lisabona, Portugalia ș.a.*

13.4 Colaborare cu învățământul preuniversitar

Demersurile Centrului Regional de Excelență în Mecatronică în acest sens au fost continue și s-au materializat prin activități precum:

- participarea la concursurile de definitivat și de obținere a gradelor didactice la diverse școli din Moldova, cu tematici din domeniul mecatronicii;

- susținerea în continuare a Secțiunii de Mecatronică la Concursul Național de Creativitate Științifică „Șt. Procopiu”; înființarea Clubului de Mecatronică la Școala Gimnazială „Ciprian Porumbescu” din orașul Comanești și oferirea de suport material și de instruire; participare la

cercul profesorilor de mecanica din județul Bacău, cu implicare SROMECA prin domnul pro. DHC dr.ing. Vistrian Mătieș;

- stabilirea unei săptămâni pe an pentru vizitarea catedrei (săptămâna porților deschise) și efectuarea de vizite în licee.

În urma acestor eforturi s-a reușit crearea unor bune relații între actorii acestor acțiuni.

13.5 Acțiuni de promovare a mecatronicii

Acțiunile de promovare a mecatronicii expuse în [2] au continuat și în perioada 2016-2025, campania de promovare îmbracând mai multe forme, unele dintre acestea regăsindu-se și în cele prezentate anterior.

Formele de promovare au fost :

- prin radio și televiziune – expuneri și interviuri ale specialiștilor de la această specializare;

- participarea la evenimente comune universitate-inspectorat școlar - grupuri școlare-firme de specialitate precum festivalul tehnologiilor în educație *EduTech Fest – NextClass*;

- participarea la evenimente precum *competiția WorldSkills ROBOT SYSTEM INTEGRATION, FANUC* cu concurenți și arbitri;

- participarea la conferințele *DIZ – Transformare Digitală pentru Antreprenori* care a adus împreună experți tehnologici și lideri din industrie pentru a explora cele mai recente tendințe și evoluții în domeniul transformării digitale;

- susținerea logistică și asigurarea specialiștilor pentru concursul BRD FIRST Tech Challenge Romania, Iași, 2024.

Bibliografie

[1] Mătieș, V. & colab. - Platforme mecatronice pentru educație și cercetare, Ed. TODESCO, ISBN 978-973-7695-79-6, Cluj-Napoca, 2009.

[2] Mătieș, V. & colab. – Platforma națională de mecatronica – Fundamentul programelor educationale și e formare continuă în societatea cunoașterii, Ed. U.T.Press, Cluj-Napoca, 2016, ISBN 978-606-737-148-2

[3] Grigoraș, Șt., Bercea, I., Drăgan, B. - Catedra de organe de mașini – 55 de ani de existență, Tipografia Universității Tehnice „Gheorghe Asachi” din Iași, Iași, 2003.

[4] Mătieș, V., Mândru, D., Bălan, R., Tătar, O., Rusu, C.: Tehnologie și educație mecatronic, Ed. Todesco, Cluj-Napoca, 2001.

PLATFORMA NAȚIONALĂ DE MECATRONICĂ



UNIVERSITATEA DIN ORADEA

**FACULTATEA DE INGINERIE MANAGERIALĂ ȘI TEHNOLOGICĂ
DEPARTAMENTUL DE ROBOTICĂ ȘI MECATRONICĂ ¹**

**CENTRUL REGIONAL DE EXCELENȚĂ ÎN
MECATRONICĂ ORADEA**

¹ Str. Universității nr. 1, 410087, Oradea, România, <https://imt.uoradea.ro/ro/>

14. Educație și cercetare Mecatronică la Universitatea din Oradea

Radu Țarcă, Ovidiu Moldovan

În partea de nord-vest a țării învățământul de mecatronică se desfășoară în cadrul Universității din Oradea, la Facultatea de Inginerie Managerială și Tehnologică, sub coordonarea Departamentului de Mecatronică.

14.1. Scurt istoric

De la începutul învățământului universitar din Oradea, în anul 1976, în cadrul Institutului Pedagogic din Oradea, au fost înființate secții de subingineri în domeniile Electromecanică Tehnologică și Automatizări Industriale, precursore ale specializării de Mecatronică.

În anul 1990 prin H.G. nr. 460/02.05.1990, se înființează Universitatea Tehnică din Oradea și – în cadrul acesteia - Facultatea de Electromecanică, cu specializările: Tehnologia Construcțiilor de Mașini, Mecanică Fină, Utilajul și Tehnologia Sudării și Roboți Industriali. În anul 1992, din cadrul Facultății de Electromecanică se desprinde Facultatea de Mecanică. În anul 1995 denumirea facultății este modificată în Facultatea de Inginerie Managerială și Tehnologică.

În domeniul Mecatronică și Robotică – la Oradea – prima specializare în care s-au școlarizat studenți este cea de Robotică (Roboți Industriali), din anul 1992, programul de studiu Mecatronică începând să funcționeze din anul 2011.

14.2. Programe de studiu

Departamentul de Mecatronică gestionează programele de studii de licență de Robotică din 1992 și Mecatronică din anul 2011, precum și programul de studii de master în limba engleză – în colaborare cu Universitatea din Debrecen –Advanced Mechatronics Systems din anul 2011, anterior funcționând programul de studii de master Mecatronică Aplicată. Orele din cadrul programului de studii de masterat Advanced Mechatronics Systems se desfășoară atât la Universitatea din Oradea, cât

și la Universitatea din Debrecen. Programul de studii de masterat a fost inițiat prin proiectul transfrontalier HuRo Mecha “Cross-border Development and Implementation of a Master Program in Advanced Mechatronics Systems”, în cadrul căruia s-au editat sub egida Universității din Debrecen un număr de 25 de cursuri și laboratoare, o selecție a acestora fiind dată în bibliografie.

Studiile de doctorat se desfășoară în cadrul Școlii Doctorale de Științe Inginerești, domeniul de Inginerie Industrială.

Așa cum s-a precizat anterior specializarea de Mecatronică este una nouă la Universitatea din Oradea, prima promoție de ingineri absolvind în 2015.

Sintetic se prezintă mai jos programele de studii pe care le oferă departamentul de Mecatronică de la Universitatea din Oradea.

Licență	Master	Doctorat
• Robotică (română și engleză în evaluare) • Mecatronică	• Advanced Mechatronics Systems - în engleză, în colaborare cu Universitatea din Debrecen	• Școala de Științe Inginerești -Robotică, Mecatronică, Nanotehnologii - prof. habil. Vesselenyi T; - prof. habil. Țarcă R.

14.3. Colectivul departamentului de Mecatronică

Departamentul de Mecatronică de la Oradea are un număr de unsprezece cadre didactice titulare, patru cadre didactice asociate, șase doctoranzi, un inginer de cercetare și un inginer laborant. Din cei unsprezece titulari doi sunt profesori conducători de doctorat, cinci conferențieri și patru șefi de lucrări. Cadrele asociate sunt colegi de la Universitatea din Debrecen care predau la specializarea de masterat Advanced Mechatronics Systems. Din cei șase doctoranzi doi (unul din Indonezia și unul din India) sunt bursieri ai programului Erasmus Mundus EM LEADERS, pe care departamentul de Mecatronică îl coordonează la nivelul Universității din Oradea.

Trebuie să menționăm că în cadrul Universității din Oradea li s-a conferit titlu de Doctor Honoris Causa, la propunerea departamentului de Mecatronică, la doi iluștrii profesori și anume:

- † Profesor dr.ing.MDhC KOVACS Francisc Viliam, Universitatea Politehnica din Timișoara, Președintele ASOCIAȚIEI DE

ROBOTICĂ DIN ROMANIA în perioada 1990-2000, fondator al învățământului de robotică în România,

- Profesor GRATTAN Kenneth Thomas Victor FREng, City University London, membru al Academiei Regale de Inginerie a Marii Britanii, căruia i s-a decernat George Daniels Trust și Royal Academy of Engineering Research Chair Profesor și care este autor a sute de lucrări publicate în reviste indexate ISI, cu Indice Hirsch 32.

14.4. Infrastructura

Departamentul de Mecatronică dispune de laboratoare moderne, toate renovate în ultimii ani, cinci dintre ele fiind laboratoare noi, amenajate îndeosebi prin granturile câștigate de către membrii departamentului.



Fig.14.1 Locația laboratoarelor în campusul universității

Laboratoare gestionate de către departamentul de Mecatronică sunt:

- Acționari Hidropneumatice (Bosch-Rexroth) – locație T211c;
- Mecatronică – locație T211b;
- Robotică și Sisteme de Fabricație Flexibilă – locație T001a;
- Achiziții de Date, Senzori, Traductoare și Automate Programabile – locație T001b

- Dispozitive de Manipulare Automată și Verificatoare – locație T202;
- Știința și Ingineria Materialelor – locație B013;
- Roboți Mobili – locație V2 - 008;
- Laborator de cercetare Materiale Inteligente și Nanotehnologii – locație V2 - 001;

14.4.1 Laboratorul de Acționări Hidropneumatice (Bosch-Rexroth)

Laboratorul de acționări hidro-pneumatice a fost realizat cu fonduri de la Uniunea Europeană în cadrul unui proiect transfrontalier și este dotat cu echipamente de ultimă generație de la o companie lider mondial în acest domeniu și anume compania Bosch - Rexroth. În acest laborator se desfășoară lucrări aferente disciplinelor Acționări hidropneumatice, Dinamica sistemelor mecatronice, Automate programabile. În ceea ce privește echipamentele hidraulice, dotarea laboratorului include componente industriale - nu componente special proiectate pentru activități didactice - astfel încât studenții au posibilitatea să își dezvolte competențele teoretice și practice utilizând echipamente industriale.

Pentru activitatea didactică în domeniul pneumaticii și hidraulicii laboratorul dispune de o serie de aplicații informatice specializate: WebTr@iner modulul Hidraulica on-off, modulul Hidraulica proporțională, HYVOS 7.0, HYDROSTAT, EXCEL-CALC, HY GRAPHICS.



Fig.14.2 Laboratorul de Acționări Hidropneumatice

Setul de componente hidraulice și pneumatice include echipamente hidraulice specifice circuitelor hidraulice cu comandă proporțională, echipamente hidropneumatice specifice circuitelor cu comandă electrică, echipamente hidropneumatice care asigură controlului poziției, echipamente destinate circuitelor hidropneumatice utilizate la funcționarea unor instalații de automatizare în buclă închisă precum și un set complex de senzori și echipamente de comandă.

14.4.2 Laboratorul de Mecatronică

Laboratorul de Mecatronică a fost realizat cu fonduri de la Uniunea Europeană în cadrul unui proiect transfrontalier și deservește câteva discipline din planul de învățământ al programului de studiu Mecatronică. Astfel, orele de seminar, laborator, proiect de la disciplinele Bazele sistemelor mecatronice, Proiectarea sistemelor mecatronice, Dinamica sistemelor mecatronice, Inteligență artificială se desfășoară utilizând facilitățile software ale laboratorului: Matlab Simulink, Lab View, Solid Works, COMSOL, PROLOG dar și componente de achiziție, senzori, componente de comandă și execuție de la National Instruments.



Fig.14.3 Laboratorul de Mecatronică

Laboratorul are în dotare și un sistem de termoviziune Flir Sc 640 cu domeniu de măsurare: -40... +2.000°C, cu softul Flir Reporter 9.1 utilizat pentru crearea rapoartelor în infraroșu pe baza pozelor realizate, dar și cu softul FLIR R&D 3.3 utilizat pentru analiza în timp real a secvenței video.

14.4.3 Laboratorul de Robotică și Sisteme de Fabricație Flexibilă

Laboratorul de robotică și sisteme de fabricație flexibilă a fost realizat cu fonduri de la guvern, de la Uniunea Europeană și cu fonduri obținute prin sponsorizări. Laboratorul deservește disciplinele de Robotică, Sisteme de fabricație flexibilă, Sisteme de conducere în robotică.

Laboratorul se compune dintr-o celulă de fabricație flexibilă compusă dintr-un centru de prelucrare cu echipament CNC FANUC în 5 axe, un sistem de transfer al materialelor în cadrul celulei flexibile controlat prin intermediul unui PLC, doi roboți industriali ABB IRB 1600/1.2 cu dispozitive de prehensiune pneumatice Schunk și un depozit de semifabricate/piese finite, toate comandate prin intermediul unui sistem centralizat de comandă. Pornind de la celula flexibilă existentă sunt realizate activități practice care includ sinteza de detaliu: plan de amplasament, ciclograme, fluxuri de fabricație, rețea informatică, analiza economicității introducerii SFF, protecția contra accidentelor a operatorilor umani, a obiectelor de lucru și a mijloacelor de producție în SFF.



Fig.14.4 Laboratorul de Robotică și Sisteme de Fabricație Flexibilă

În cadrul activităților desfășurate în laborator studenții primesc noțiuni de programare a roboților industriali ABB IRB 1600/1.2 și respectiv a robotului AID de tip 5R. Programarea on-line a roboților utilizând teaching-pad-ul este un prim obiectiv în cadrul activității didactice a laboratorului.

Pentru programarea off-line a roboților se utilizează aplicația ABB RobotStudio. În cadrul acestei aplicații se modelează celule flexibile robotizate prin importul modelelor 3D ale componentelor sistemului de fabricație, urmată de programarea roboților din gama ABB și simularea funcționării sistemului de fabricație modelat.

14.4.4 Laboratorul de Achiziții de Date, Senzori, Traductoare și Automate Programabile

Laboratorul de senzori, sisteme senzoriale și sisteme de achiziție a datelor include o serie de standuri menite să asigure dezvoltarea competențelor în ceea ce privește fenomenele care stau la baza senzorilor utilizați în sistemele mecatronice precum și achiziția datelor de la acești senzori. În ceea ce privește senzorii, laboratorul dispune de două standuri care includ senzori optici, senzori inductivi, debitmetre, senzori de presiune, senzori rezistivi de poziție și traductoare de poziție. Pentru achiziția de date, laboratorul dispune de 6 plăci de achiziție produse de National Instruments și software-ull LabView. Pentru unele aplicații se realizează achiziția de date și utilizând Matlab. Laboratorul are în dotare și un Vibro-metru Digital Portabil - PDV-100I, precum și Platforma Jaz Ocean Optics (spectrofotometru UV-VIS, VIS).



Fig.14.5 Laboratorul de Achiziții de Date, Senzori, Traductoare și Automate Programabile

În cadrul laboratorului de Automate Programabile se are în vedere realizarea de aplicații practice menite să ofere studentului deprinderile necesare punerii în funcțiune a unui automat programabil, interpretarea și modificarea unui program existent, respectiv realizarea unui program pentru o aplicație nouă. Pentru a realiza acest lucru, laboratorul include mai multe tipuri de automate programabile în diverse configurații (Bosch, Siemens, Omron) precum și aplicațiile necesare pentru configurarea și programarea acestora. Programarea automatelor programabile se realizează în general în limbajul LD, utilizând fie aplicația TwidoSuite de la Schneider Electric, fie IndraWorks de la Bosch-Rexroth.

14.4.5 Laborator de cercetare Materiale Inteligente și Nanotehnologii

Laboratorul de cercetare Materiale Inteligente și Nanotehnologii este un laborator nou realizat în cadrul proiectului Smartmat - HURO/1101/191/2.2.1 „Romanian – Hungarian-Romanian Research Platform for Smart Materials Research Projects Support” fiind dotat cu un Atomic Force Microscope seria 5500 (AFM), și un Nano Indenter seria G200, ambele produse de Agilent. Laboratorul este conceput să deservască orice solicitare de efectuare de măsurători de caracterizare a materialelor atât la nivelul mediului academic, cât și industrial.



Fig.14.6 Laboratorul de cercetare Materiale Inteligente și Nanotehnologii

14.5 Cercetare mecatronică la Oradea

Începuturile cercetării mecatronicii la Oradea se suprapun cu realizarea în anul 1982, în cadrul Institutului de Subingineri de la Oradea, a primei celule de fabricație automatizată de călire prin CIF, deservită de un manipulator hidraulic. Realizarea celulei de fabricație automatizată a fost coordonată de prof. dr.ing Tripe Vidican Aron.

După anii 1990 majoritatea cercetărilor au fost făcute în domeniul roboților și ale aplicațiilor acestora în industrie, dar proiectele importante la nivelul departamentului au fost demarate după anul 2007.

Direcțiile și domeniile prioritare de cercetare de la Departamentul de Mecatronica de la Oradea scot în evidență atât caracterul fundamental cât și cel aplicativ în diverse domenii ale mecatronicii și roboticii. O sinteza a temelor de cercetare se prezintă în tabelul 1.1.

Valoarea granturilor, proiectelor și ale contractelor cu mediul economic, care au fost realizate de cadrele din colectivul Departamentului de Mecatronica de la Oradea în ultimii 7 ani depășește 2 milioane de Euro.

Tabelul 14.1

Teme de cercetare științifică	Proiecte /Link-uri
Cercetări privind implementarea sistemelor de fabricație, roboților în sisteme de producție	Program PN II - Parteneriate în domenii prioritare Subprogram - ERA NET „Mese roto-basculante pentru centre de prelucrare în 5 axe” Acronim proiect: RTT-5 Număr contract național: 7037/10.05.2011 http://imtuoradea.ro/rtt/
Cercetări privind utilizarea inteligenței artificiale în procese robotizate și la sistemele mecatronice	“Laborator complex pentru diagnoza, analiza și predicția fiabilității echipamentelor mecatronice integrate în celulele flexibile de fabricație” http://imtuoradea.ro/capacitati125/
Cercetări privind realitatea virtuală, augmentată	HURO/0901/028 – EPRAS „E-Laboratory Practical Teaching for Applied Engineering Sciences: http://epras.webhost.uoradea.ro/index.html Augmented Reality Used To Control a Chess Playing Robot System via Internet

Teme de cercetare științifică	Proiecte /Link-uri
Cercetări privind sisteme senzoriale si aplicații	Bioethanol - HURO/1001/121/2.2.2 - <i>Developing a novel method measurement technology in real time for the carbohydrates hydrolysis and ethanol fermentation</i> http://imtuoradea.ro/bioethanol/ Micromodel - HURO/0802/100 "Realization of Hungarian-Romanian R&D Laboratory for the Development of Major Projects in Polluted Terrain Cleaning" http://imtuoradea.ro/micromodel/
Roboți mobili	<i>A Networked Mobile Robot System Using Internet,</i> <i>Pheromone-based Swarm communications in robots,</i> <i>Design and Implementation of a Sniffer Quadcopter</i>
Cercetări privind materiale inteligente	Smartmat - HURO/1101/191/2.2.1 <i>Romanian – Hungarian-Romanian Research Platform for Smart Materials Research Projects Support</i> - http://imtuoradea.ro/smartmat/

Totodată trebuie menționat proiectul Erasmus Mundus „LEADERS: Leading mobility between Europe and Asia in Developing Engineering Education and Research” în cadrul căruia Universitatea din Oradea – coordonator prof. dr.ing. Radu Țarcă - este parteneră. Proiectul cu o valoare totală de 2.705.050 Euro se derulează pe perioada 2014-2018 și este coordonat de City University London, având partenerii: Politecnico Di Milano, Technische Universität Dortmund, University of Porto, University of Limerick, University of Oradea, Frederick University.

Universitatea din Oradea primește prin mobilități studenți masteranzi, doctoranzi, cadre didactice și post-doctoranzi din țările Asiei de Sud-Est (Bangladesh, Pakistan, Nepal, Bhutan, Afghanistan, China, India, Thailanda, Malaysia, Indonesia), dar și trimite studenți doctoranzi și cadre didactice în Thailanda, India și China.

Bibliografie

- [1] Țarcă, R.C., *Advanced mechatronics*. Course book, Publisher: University of Debrecen, Hungary, 2012, ISBN 978-963-473-508-3, pag. 480.
[2] Țarcă, R.C., *Advanced mechatronics*. Laboratory handbook, Publisher: University of Debrecen, Hungary, 2012, ISBN 978-963-473-509-0, pag. 125.

- [3] Țarcă, I.C., *Materials and machine parts for mechatronics*. Course book, Publisher: University of Debrecen, Hungary, 2012, ISBN 978-963-473-510-6, pag. 253.
- [4] Țarcă, I.C., *Materials and machine parts for mechatronics*, Laboratory handbook, 2012, Publisher: University of Debrecen, Hungary, ISBN 978-963-473-511-3, pag. 131.
- [5] Pop, M.T., *CAD for mechatronics*. Course book, Publisher: University of Debrecen, Hungary, 2012, ISBN 978-963-473-514-4, pag. 328.
- [6] Pop, M.T., *CAD for mechatronics*. Laboratory handbook, 2012, Publisher: University of Debrecen, Hungary, ISBN 978-963-473-515-1, pag. 167.
- [7] Blaga, F.S., *Modeling and simulation of mechatronics systems*. Course book, Publisher: University of Debrecen, Hungary, 2012, ISBN 978-963-473-516-8, pag. 286.
- [8] Blaga, F.S., *Modeling and simulation of mechatronics systems*. Laboratory handbook, 2012, Publisher: University of Debrecen, Hungary, ISBN 978-963-473-517-5, pag. 78.
- [9] Vesselenyi T., Barabas T., *Robot and CNC programming*. Course book, Publisher: University of Debrecen, Hungary, 2012, ISBN 978-963-473-522-9, pag. 305.
- [10] Vesselenyi T., Barabas T., *Robot and CNC programming*. Laboratory handbook, 2012, Publisher: University of Debrecen, Hungary, ISBN 978-963-473-523-6, pag. 136.
- [11] Pele, A.V., *Product lifecycle management*. Course book, Publisher: University of Debrecen, Hungary, 2012, ISBN 978-963-473-527-4, pag. 306.
- [12] Pele, A.V., *Product lifecycle management*, Laboratory handbook, 2012, Publisher: University of Debrecen, Hungary, ISBN 978-963-473-528-1, pag. 110.
- [13] Ardelean, F., *Finite element analysis*. Course book, Publisher: University of Debrecen, Hungary, 2012, ISBN 978-963-473-529-8, pag. 166.
- [14] Ardelean, F., *Finite element analysis*. Laboratory handbook, 2012, Publisher: University of Debrecen, Hungary, ISBN 978-963-473-530-4, pag. 143.
- [15] Pater S.M., *Diagnosis and maintenance of mechatronics systems*. Course book, Publisher: University of Debrecen, Hungary, 2012, ISBN 978-963-473-531-1, pag. 220.
- [16] Pater S.M., *Diagnosis and maintenance of mechatronics systems*, Laboratory handbook, 2012, Publisher: University of Debrecen, Hungary, ISBN 978-963-473-532-8, pag. 89.

PLATFORMA NAȚIONALĂ DE MECATRONICĂ



UNIVERSITATEA LUCIAN BLAGA DIN SIBIU

FACULTATEA DE INGINERIE¹

CENTRUL REGIONAL DE EXCELENȚĂ ÎN MECATRONICĂ SIBIU

¹ Bd-ul Victoriei nr.10, 550024, Sibiu, România <https://inginerie.ulbsibiu.ro/>

15. Mecatronica în cadrul Universității *Lucian Blaga* din Sibiu

Radu-Eugen Breaz, Sever-Gabriel Racz

15.1. Scurt istoric

Dezvoltarea puternică a zonelor industriale ale Sibiului și a celor din vecinătatea acestuia a creat premisele de necesitate și oportunitate pentru pregătirea de specialiști în domeniul mecatronicii. Apariția multitudinii de agenți economici, cum ar fi cei din producția de componente din industria automobilelor precum și cei din industria electrotehnică, electrocasnică, constructoare de mașini etc. a justificat inițierea și susținerea unui astfel de program de studiu în Sibiu.

În cadrul Facultății de Inginerie a Universității *Lucian Blaga* din Sibiu funcționează, începând cu anul universitar 2009-2010 programul de studiu *Mecatronică*, cu predare în limba română.

Programul a debutat cu un număr de 33 de studenți (21 pe locuri finanțate de la bugetul de stat și 12 pe locuri cu taxă). An de an interesul pentru *Mecatronică* a crescut în mod constant, astfel că în cadrul admiterii din anul 2024 au fost admiși 44 de studenți pe locuri finanțate de la buget și 8 studenți pe locuri cu taxă.

În vara anului 2015 a fost organizată pentru prima dată admitere la cel de-al doilea program de studiu din cadrul domeniului, *Robotică*, care s-a bucurat de asemenea de un succes deosebit, fiind admiși 10 studenți pe locuri finanțate de la bugetul de stat și 18 studenți pe locuri cu taxă. La admiterea din anul 2024 la *Robotică* au fost admiși 40 de studenți pe locuri finanțate de la buget și 3 studenți pe locuri cu taxă.

Universitatea *Lucian Blaga* a participat în ultimii ani la numeroase programe internaționale, dintre care se remarcă programul ERASMUS MUNDUS, prin intermediul căruia au fost oferite numeroase burse de mobilitate unor studenți străini care au studiat pentru diferite perioade de timp în Sibiu. În cadrul acestor burse de mobilitate, un număr mare de studenți și-au exprimat dorința de a urma cursuri din cadrul programului de studiu *Mecatronică*, ceea ce a evidențiat potențialul și atractivitatea programului și pe plan internațional. Venind în întâmpinarea acestor

solicitări, Universitatea *Lucian Blaga* a decis organizarea programului de studiu *Mecatronică*, cu predare în limba engleză.

În vara anului 2015 a fost obținută autorizarea provizorie de funcționare pentru programul de studiu *Mecatronică*, cu predare în limba engleză, care a fost acreditat în luna aprilie 2025. La admiterea din anul 2024 la acest program au fost admiși 10 studenți pe locuri finanțate de la buget și 6 studenți pe locuri cu taxă.

În perioada 2018-2020, Universitatea “Lucian Blaga” din Sibiu a fost partener într-un program ERASMUS+, în cadrul căruia a fost derulat un o variantă pilot de organizare a programului de studiu *Mecatronică în formă duală*.

În luna martie a anului 2024 a fost semnat contractul de finanțare a proiectului pentru construcția în Sibiu a *campusului pentru învățământ dual*, cu finanțare din PNRR, în care Universitatea “Lucian Blaga” din Sibiu este lider de parteneriat. În luna aprilie 2025 a început construcția campusului, care va fi finalizat la începutul anului 2026.

Valorificând experiența dobândită în cadrul programului pilot amintit mai sus, programele de studiu universitare care vor fi organizate în formă duală, și se vor derula în campusul dual, sunt *Mecatronica (formă duală)* și *Robotica (formă duală)*.

La începutul lunii aprilie 2025, cele două noi programe de studiu *Mecatronica (formă duală)* și *Robotica (formă duală)* au trecut prin procesul de autorizare provizorie.

Astfel, începând cu anul universitar 2025-2026, în cadrul Universității “Lucian Blaga” din Sibiu vor funcționa în paralel programele de studiu *Mecatronică* și *Robotică* (forma normală), respectiv *Mecatronică* și *Robotică* (forma duală).

15. 2. Infrastructura didactică și de cercetare

15 2.1. Obiective

Dezvoltarea infrastructurii didactice și de cercetare a programului de studiu s-a bazat pe următoarele obiective:

- creșterea capacității de integrare a Universității **Lucian Blaga** în aria europeană a educației și cercetării, prin facilitarea accesului la platformele tehnologice europene specifice domeniului, crearea unor noi parteneriate cu instituții de învățământ superior europene și dezvoltarea celor existente;

- crearea și consolidarea unui colectiv performant de cercetare-dezvoltare tehnologică care să concentreze resurse și competente necesare generării de noi cunoștințe în domeniul abordat și asigurării transferului cât mai rapid și eficient al acestora în sectorul productiv;
- consolidarea programelor de pregătire post-universitară de tip master interdisciplinar existente, sprijinirea programelor care vor fi înființate și încurajarea participării absolvenților acestora la forma de pregătire prin doctorat
- dezvoltarea unei strategii bazate pe cercetare și inovare pentru a sprijini atât pe plan local, regional și național adaptarea firmelor din domeniul industriei constructoare de mașini la trecerea la producția industrială bazată pe cunoaștere, pentru a face față pieței concurențiale pe plan european și mondial
- identificarea și sprijinirea direcțiilor de cercetare tehnologică și inovare în domeniu, în zona geografică de activitate programului de studiu, cu potențial de a fi dezvoltate ca priorități la nivel național, european și mondial;
- participarea la competiții de programe de cercetare și coordonarea programelor de cercetare-dezvoltare la nivel european, național, regional și local;
- crearea condițiilor pentru eficientizarea utilizării resurselor materiale existente în cadrul facultății și al specializării și diseminarea pe scară cât mai largă a posibilităților acestora în scopul atragerii de potențiali parteneri de cercetare-dezvoltare, atât din rândul instituțiilor de învățământ superior cât și din cadrul firmelor industriale.

15.2.2 Laboratoare și direcții de cercetare

Una din direcțiile principale de cercetare din cadrul programului se referă la *acționarea și automatizarea flexibilă a proceselor industriale*. Cercetările din cadrul acestei direcții au urmărit dezvoltarea unor sisteme de automatizare bazate pe automate programabile și microcontrollere.

Astfel, laboratoarele de *Acționări și automatizări hidro-pneumatice* și *Acționări electrice și roboți* dispun de automate programabile Siemens SimaticS7 1500, S7 1200, S7 300 și S7 200, Siemens Logo, Omron CPM 2A, Allen Bradley Micro800, automate

programabile Telemecanique, Bernecker& Reiner și Moeller precum și kituri de dezvoltare Microchip, Arduino și Raspberry PI.

Studiul sistemelor de acționare hidraulice și pneumatice se face pe standuri modulare specializate, de tipul celor prezentate în figurile 15.1 și 15.2.

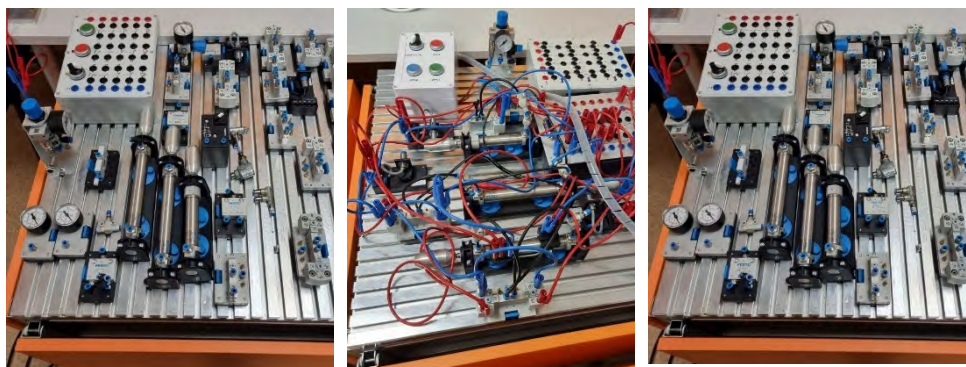


Fig. 15. 1 Standuri pneumatice



Fig. 15.2 Standuri hidraulice

Sistemele de automatizare în logică programată, cu automate programabile și microcontrollere sunt implementate pe module de acționare electromecanice sau hidro-pneumatice. Aceste module includ elemente de execuție de tipul motoarelor pneumatice liniare, distribuitoare pneumatice și diverse tipuri de senzori.

De remarcă în cadrul laboratorului de *Acționări și automatizări hidro-pneumatice* sunt standurile modulare de acționare și

automatizare pneumatică Festo (fig. 15.3), pe care studenții specializării se instruiau pentru participarea la concursul de sisteme mecatronice din cadrul manifestării *Zilele Educației Mecatronice (ZEM)* și SMC (fig. 15.4) pe care studenții specializării se instruiau pentru participarea la manifestarea *Să cunoaștem Mecatronica și Robotica (SCMR)*.

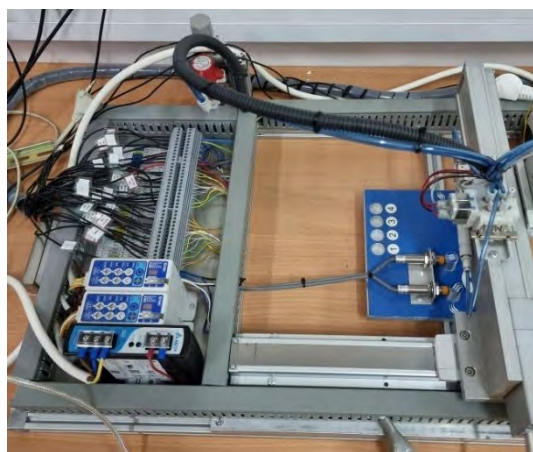
Începând cu anul 2025, în cadrul manifestării *Zilele Educației Mecatronice (ZEM)*, pentru competiția de la secțiunea sisteme mecatronice, se va utiliza standul mecatronic donat de firma Bosch (fig. 15.4a).

Tot din categoria standurilor mecatronice avansate de acționare și automatizare face parte și standul Festo pentru studiul și demonstrarea tehnologiilor specifice conceptului Industry 4.0 (fig. 15.4b).

O altă direcție de cercetare este legată de realizarea unor *sisteme modulare inteligente de control al mișcării*, aplicabile în domeniul echipamentelor tehnologice de prelucrare și montaj.

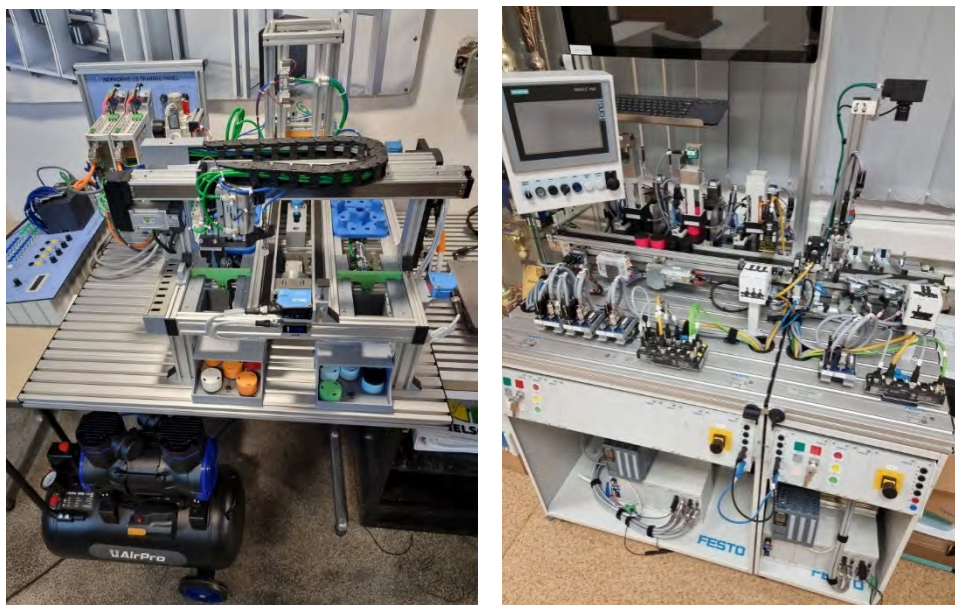


a.



b.

Fig. 15.3 Standuri mecatronice: a. stand Festo – utilizat la ZEM până în 2024; b. stand SMC utilizat la SCMR



a.

b.

Fig. 15.4 Standuri mecatronice: a. stand Bosch – utilizat la ZEM din 2025; b. stand Festo pentru studiul tehnologiilor Industry 4.0

În cadrul acestei direcții se studiază și se implementează practic soluții noi de control al parametrilor cinematici ai mișcării, pentru mișcări complexe, executate pe mai multe direcții simultan.

Se studiază și se utilizează de asemenea soluții noi privind elementele de execuție din sistemele de control al mișcării (servomotoare de curent continuu, servomotoare sincrone cu magneți permanenți, motoare de inducție alimentate de invertoare de tensiune-frecvență cu reglaj vectorial, etc.). Astfel, în cadrul laboratorului de *Mecatronică* este utilizat ca stand experimental și de dezvoltare sistemul de control al mișcării pe trei axe Bernecker & Reiner, compus din servomotoare sincrone cu magneți permanenți, echipate cu traductoare numerice pe arborele motor, variatoare de turație (servodrivere) și software de programare B & R Automation Studio (fig. 15.5).

Sistemul are o arhitectură specifică echipamentelor industriale de control al mișcării, dar spre deosebire de acestea, este realizat în varianta cu arhitectură deschisă, permițând studiul și implementarea diferitelor strategii de control, acordarea reglatoarelor PID de pe buclele de reglaj, sau chiar introducerea unor noi tipuri de reglatoare. De asemenea, tot în cadrul acestui laborator se găsește și sistemul de control al mișcării pe o axă cu placă DSP (digital signal processing) ISCM 4085 Technosoft (fig.

6). Acesta este un sistem modular avansat de dezvoltare, care permite studiul prin simulare și testare experimentală a unor strategii avansate de control al mișcării, care pot fi implementate la nivelul procesoarelor de semnal de pe placa DSP.

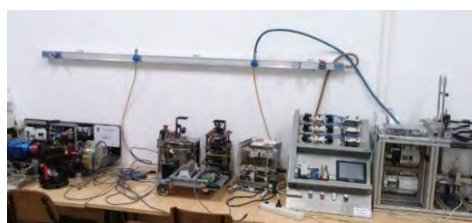
Dotarea laboratoarelor de *Acționări și automatizări hidro-pneumatice, Acționări electrice și roboți și Mecatronică* (fig. 15.7 a-d) este completată de pachetele software Matlab&Simulink, Automation Studio, FluidSim, precum și mediile de programare ale automatelor programabile Siemens, Allen-Bradley, Omron, Telemecanique, Bernecker& Reiner, Moellers și ale microcontrollerelor Microchip și AVR.



Fig. 15.5 Sistem de control al mișcării pe trei axe Bernecker& Reiner



Fig. 15.6 Placa DSP a sistemului de control al mișcării ISCM 4085 Technosoft



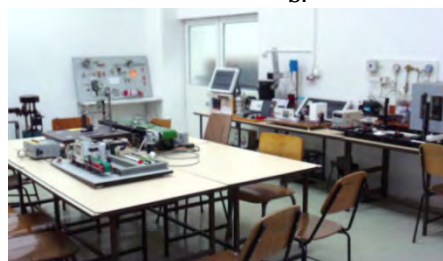
a.



b.



c.



d.

Fig. 15.7 Laborator din cadrul programului de studiu Mecatronică

Cercetări legate de automatizarea proceselor industriale se derulează de asemenea în Laboratorul multifuncțional *SmartLab*(fig. 15.7), care funcționează ca un sistem integrat de producție. Laboratorul *SmartLab* are în dotare: un sistem flexibil de fabricație FESTO compus din 7 module de lucru, un scanner 3D cu laser, două mașini de prototipare rapidă ZPrinter 310 (monocrom) și ZPrinter 450 (color) și o rețea de 10 calculatoare performante. În laborator există de asemenea un centru de prelucrare cu comandă numerică DMG 635 V eco. În laborator se desfășoară și cercetări legate de modelarea și simularea sistemelor de fabricație, optimizarea fabricației, bioinginerie și fabricație aditivă.



Fig. 15.8 Laboratorul multifuncțional SmartLab

Utilizarea roboților industriali reprezintă de asemenea una din direcțiile de cercetare ale programului de studiu. Au fost dezvoltate cercetări privind utilizarea acestora în domenii consacrate, cum ar fi transferul inter-operațional, operații de sudură, vopsire, montaj, dar și în domenii relativ noi, cum ar fi prelucrările mecanice prin frezare și prelucrarea prin deformare incrementală cu ajutorul roboților. Astfel, laboratorul de *Acționări electrice și roboți* dispune de mai multe tipuri de roboți industriali seriali, KUKA KR 6-2, KUKA KR 210, ABB IRB 1200, ABB 1400 Yumi, Fanuc ER 4iA și Universal Robot UR3e (fig.15. 9-15.14).

În jurul robotului KUKA KR 210 a fost construit un stand specializat pentru deformare incrementală. Utilizând acest stand, colectivul specializării a participat la un program internațional cercetare, în perioada 2024-2025, care a presupus stabilirea și prelucrarea prin deformare incrementală a unei piese etalon, coordonat de Universitatea Catolică din Louvain, Belgia, la care au participat universități din SUA, China, Italia, Marea Britanie, Polonia, Portugalia, și Singapore.



Fig. 15.9 Robot industrial KUKA KR 6-2



Fig. 15.10 Robot industrial ABB IRB 1200



Fig. 15.11 Robot industrial ABB1400 Yumi



Fig. 15.12 Robot industrial Fanuc ER 4iA



Fig. 15.13 Robot industrial KUKA KR 210

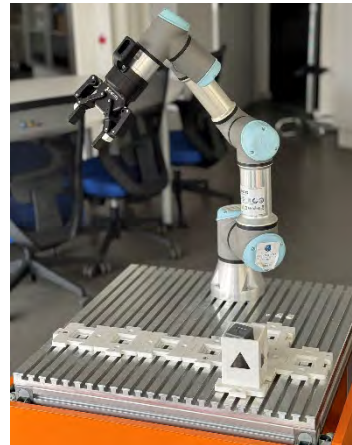


Fig. 15.14 Robot industrial Universal Robot UR3e

O altă direcție de cercetare abordată se referă la *sistemele inteligente de prelucrare cu comandă numerică (sisteme CNC)*. Astfel, **Laboratorul de Sisteme CNC** este echipat cu un centru de prelucrare prin frezare Haas MiniMill (fig. 15.15), cu control al mișcării pe 3 axe, cu un centru de prelucrare prin frezare Haas UMC 500 (fig 16), cu control al mișcării pe 5 axe, un centru de prelucrare prin strunjire Haas ST-15Y (fig. 15.17), cu axă suplimentară Y și scule antrenate în turelă, precum și cu un sistem CNC General Numeric, cu control al mișcării pe 5 axe simultan (fig. 15.18).



Fig. 15.15 Centru de prelucrare CNC Haas MiniMill



Fig. 15.16 Centru de prelucrare în 5 axe Haas UMC 500



Fig. 15.17 Centru de prelucrare prin struniire Haas ST-15-Y

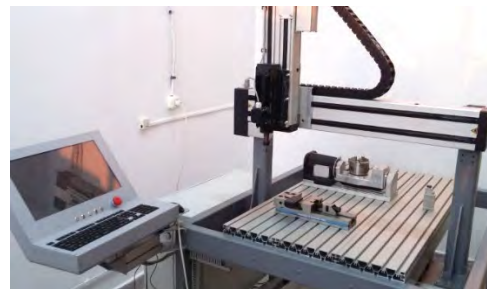


Fig. 15.18 Sistem CNC General Numeric cu 5 axe

Sistemul în CNC General Numeric în 5 axe este realizat în variantă modulară, cu arhitectură deschisă de control, permițând modificarea atât a structurii mecanice, cât și testarea și implementarea unor algoritmi de control al mișcării, în plan și/sau în spațiu. De asemenea, se află în curs cercetări legate de dezvoltarea unor modele geometrice și cinematice ale sistemelor CNC multiaxiale.

Echipamentele de presare și injectare constituie de asemenea subiectul unor cercetări derulate în cadrul specializării *Mecatronică*. Astfel, *Laboratorul de echipamente de deformare plastică la rece* și *Laboratorul de injectare mase plastice* dispun de mașina automată de testare a materialelor prin încercare la tracțiune, compresiune și flambaj INSTRON 5587 (fig. 19), care permite determinarea proprietăților mecanice ale materialelor. Mașina are o capacitate în regim static de 300 kN permițând recunoașterea și calibrarea automată a traductoarelor de forță, deplasare și deformare. De asemenea, din dotarea laboratorului face parte și mașina automată de testare a materialelor INSTRON 4303, având o capacitate în regim static de 25 kN.

Unele dintre cele mai avansate echipamente utilizate în cadrul celor două laboratoare sunt sistemele optice de măsurare a deformărilor și a subțierii la piesele deformate din tablă, ARAMIS și ARGUS (fig. 20).

Acestea permit măsurarea deformărilor principale, secundare și echivalente pe piesele din tablă, care apar în urma unei operații de deformare plastică la rece. De asemenea, echipamentele permit trasarea curbilor limită de deformare și a subțierii materialului în timpul procesului de deformare. Sistemele de măsurare a deformărilor includ și pachete software pentru evaluarea și prelucrarea datelor, cu controlul înregistrării imaginii și postprocesare, scanare automată a unei serii de imagini, vizualizări 2D și 3D.



Fig. 15.19 Mașină automată de testare a materialelor INSTRON 5587



Fig. 15.20 Sistem optic de măsurare a deformațiilor

15.3. Programe educaționale

Programul de studiu *Mecatronică*, cu predare în limba română funcționează în cadrul Facultății de Inginerie a Universității *Lucian Blaga* din Sibiu, fiind coordonat de *Departamentul de Mașini și Echipamente Industriale*. Departamentul coordonează de asemenea și următoarele programe de studii de licență și master:

În domeniul *Mecatronică* și robotică

- *Mecatronică* (licență) – forma normală;
- *Robotică* (licență) – forma normală;
- *Mecatronică* (licență) – forma duală;
- *Robotică* (licență) – forma duală;
- *Mecatronică* – cu predare în limba engleză (licență);
- *Sisteme mecatronice avansate* (master).

În domeniul Inginerie industrială

- *Sisteme de producție digitale* (licență);
- *Tehnologia tricotajelor și confecțiilor* (licență);
- *Sisteme CAD/CAE/CAM în deformarea plastică* (master);
- *Structura, programarea și mentenanța sistemelor CNC* (master).

În domeniul Inginerie și Management

- *Inginerie economică industrială* (licență).

15.4. Colaborări cu mediul industrial

Universitatea Lucian Blaga colaborează cu mediul industrial și de afaceri din zona Sibiului, atât ca instituție de educație și cercetare cât și ca pol de transfer tehnologic. În acest context, companiile industriale au sprijinit dezvoltarea programului de studiu *Mecatronică*, atât direct, prin echiparea unor laboratoare (companiile Continental Automotive Systems, MarquardtSchaltsysteme, KukaSystems), sponsorizarea participării unor echipe studențești la concursuri naționale și internaționale (RObotX, Eurobot) precum și indirect, prin încheierea unor contracte de colaborare, atât în domeniul cercetării/dezvoltării, cât și în domeniul instruirii personalului din companii.

O listă selectivă cu principalii parteneri industriali care au contribuit la dezvoltarea programului de studiu *Mecatronică* este prezentată mai jos:

S.C. AeronamicEastern Europe S.R.L.	S.C. KukaSystems S.R.L.
S.C. COMPA S.A.	S.C. KendrionAutomotive Sibiu S.R.L.
S.C. Continental AutomotiveSystems S.R.L.	S.C. MarquardtSchaltsysteme S.C.S.
S.C. Eurofoam S.R.L.	S.C. Matec CNC Technik S.R.L.
S.C. Hendrickson Romania S.R.L.	S.C. NTN-SNR Rulmenți S.R.L.
S.C. Fritzmeier EngineeringS.R.L.	S.C. Phoenix Mecano Plastic S.R.L.
S.C. GreinerPackaging S.R.L.	S.C. Simea Sibiu S.R.L.
S.C. Gühring S.R.L.	S.C. StefaniMecanofin S.R.L.
S.C. Harting România S.C.S.	S.C. Swoboda Hartmann Romania S.R.L.
S.C. IFM Electronic S.R.L	S.C. Tehnica de Automatizare Sibiu S.R.L.
S.C. Kromberg& Schubert Romania Me S.R.L.	S.C. Thyssen Krupp S.A.
	S.C. WenglorSensoric Romania S.R.L.
	S.C. Wittenstein S.R.L.

În laboratoarele programului de studiu *Mecatronică* și cu participarea nemijlocită a personalului didactic care deservește specializarea, în perioada 2010-2011 s-a derulat programul POSDRU/39/3.2/G/22512, finanțat din fonduri europene, cu titlul: *Perfecționarea personalului cu pregătire superioară și medie din sectorul industriei prelucrătoare în domeniul tehnicilor de proiectare, fabricație și*

analiză tehnică asistată de calculator și dezvoltarea abilităților manageriale pentru coordonarea echipelor tehnice de lucru.

Pe parcursul desfășurării programului, un număr de peste 240 de ingineri, muncitori, maiștri și tehnicieni de la companiile industriale din Sibiu și din regiune de dezvoltare Centru au obținut diplome de perfecționare și specializare în meseriile de *Specialist în proiectarea asistată de calculator* și *Operator la mașini-unelte cu comandă numerică*.

Ca o expresie a modului în care companiile industriale se implică în dezvoltarea programului de studiu *Mecatronică*, în anul 2019 compania S.C. ContinentalAutomotiveSystems S.R.L. a finanțat realizarea și dotarea unui laborator de specialitate în cadrul Universității “Lucian Blaga” din Sibiu, Facultatea de Inginerie (fig. 15.21).



Fig. 15.21 Laboratorul de Mecatronică din cadrul Facultății de Inginerie, dezvoltat și echipat de compania S.C. Continental AutomotiveSystems S.R.L.

15.5. Creșterea calității programului de studiu

Universitatea *Lucian Blaga* din Sibiu, în parteneriat cu Asociația Generală a Inginerilor din România (AGIR) a implementat în perioada mai 2014 – noiembrie 2015, proiectul cu titlul: *Creșterea calității programelor de studii de licență și master în domeniile Mecatronică și robotică și Inginerie industrială prin armonizarea acestora cu cerințele pieței muncii și transferul transnațional de know-how*, cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial pentru Dezvoltarea Resurselor Umane 2007 – 2013, în cadrul contractului POSDRU/156/1.2/G/137094.

Proiectul s-a înscris în Axa prioritară 1, *Educația și formarea profesională în sprijinul creșterii economice și dezvoltării societății bazate pe cunoaștere*, Domeniul major de intervenție 1.2. *Calitate în învățământul superior* și a avut o durată de implementare de 18 luni.

Obiectivul principal al proiectului a fost la creșterea relevanței programelor de studii prin armonizarea conținutului planurilor de învățământ și al fișelor disciplinelor din domeniile *Mecatronică și robotică* și *Inginerie industrială* cu cerințele pieței muncii, prin îmbunătățirea pregătirii de specialitate oferite studenților și orientarea activităților de cercetare și elaborare a proiectelor de diplomă și lucrărilor de disertație spre tematici concrete, lansate de companiile industriale și prin creșterea gradului de implicare a comunității de afaceri în definirea programelor de studii universitare.

Dintre obiectivele specifice ale proiectului, care au fost atinse pe perioada celor 18 luni de implementare se pot menționa:

- Realizarea de studii și analize pentru identificarea principalelor cerințe ale angajatorilor privind pregătirea profesională a absolvenților programelor de studii din domeniile *Mecatronică și robotică* și *Inginerie industrială* și a corelării acestora cu oferta universității;
- Dezvoltarea curriculară și adaptarea programelor de studii din domeniile *Mecatronică și robotică* și *Inginerie industrială* la noile paradigme ale proiectării și fabricației asistate de calculator, inclusiv revizuirea materialelor didactice existente;
- Dezvoltarea unor parteneriate transnaționale și naționale pentru transferul de bune practici, respectiv pentru încurajarea contactului direct între studenți și companii în scopul realizării unor proiecte de cercetare (lucrări de diplomă și lucrări de disertație) cu tematici lansate de companii;
- Încurajarea dobândirii unei pregătiri profesionale cât mai flexibile prin înființarea și dotarea unui laborator interdisciplinar și dezvoltarea unei secțiuni în cadrul Bibliotecii Universitare, pentru a facilita adaptarea rapidă a membrilor grupului țintă (studenți) la evoluția dinamică a pieței muncii;
- Promovarea celor două domenii de studii (*Mecatronică și robotică* și *Inginerie industrială*) prin acțiuni de tipul *Zilele carierei* și *Zilele porților deschise* în vederea creșterii notorietății și stimulării unui curent de opinie favorabil alegerii unei profesii de inginer în domeniile *Mecatronică și robotică* și *Inginerie industrială*;

- Formarea și exersarea capacităților antreprenoriale și a noțiunilor de managementul schimbării în vederea dezvoltării unei culturi organizaționale, a noțiunilor specifice celor două domenii de interes și a unui leadership performant pentru membrii grupului țintă (studenți);
- Elaborarea, testarea și implementarea unei rețele de transfer de know-how între absolvenții celor două domenii și viitorii absolvenți.

Grupul țintă a inclus 210 persoane și a fost constituit din studenți programelor de licență și master din domeniile *Mecatronică și robotică* și *Inginerie industrială* din cadrul Facultății de Inginerie a Universității „Lucian Blaga” din Sibiu.

15.6. Concursurile RObotX și Eurobot

Concursul național RObotX reprezintă etapa națională a concursului european de robotică Eurobot. Acesta este unul dintre cele mai dificile concursuri de robotică, poate cel mai complex, care se organizează pentru studenți la nivel european.

Concursul a fost organizat pentru prima dată în România la Universitatea *Politehnica* din București în anul 2006. Începând cu anul 2011 concursul este organizat de către Universitatea *Lucian Blaga* din Sibiu.

La sfârșitul fiecărei etape naționale, primele trei echipe se califică pentru a participa la finala internațională Eurobot.

Robotii construiți pentru acest concurs sunt roboti autonomi, comandați de către un microprocesor și sunt echipați cu senzori de diferite tipuri: senzori laser, ultrasonici, infraroșii, senzori de culoare, etc. Senzorii sunt utilizați pentru detectarea adversarului, a obstacolelor și a obiectelor de pe masa de concurs. Bineînțeles, deciziile sunt luate autonom de către roboti, în concordanță cu software-ul scris de către studenți, pe baza unor algoritmi de deplasare, ocolire a adversarului sau de rezolvare a sarcinilor.

Echipele Universității *Lucian Blaga* s-au clasat pe primele locuri ale concursului național RObotX în fiecare an, încă de la primele ediții ale acestuia. Astfel, din 2008 și până în 2023 locul întâi a fost câștigat de fiecare dată de către o echipă a universității sibiene.



Fig. 15.22 Aspecte de la R0botX 2015

Studentii specializării *Mecatronică* au fost implicați în aceste echipe începând cu anul 2012, prin echipele *Tehnocrats*, *Vision* și *Sibot*, coordonate de către prof.dr.ing. Laurean Bogdan, cărora li s-a adăugat, din anul 2014 echipa ***CyberTech***, iar din anul 2015 și echipa *Powerbot*, ambele coordonate de către prof.dr.ing. Gabriel Racz și conf.dr.ing. Mihai Crenganiș.

În anul 2014, la concursul european Eurobot organizat la Dresda, Germania, echipa *CyberTech* a obținut cel mai bun rezultat de până atunci a unei echipei românești, clasarea în primele 16 echipe (calificarea în optimile de finală). Cealaltă echipă a Universității *Lucian Blaga* prezentă la concurs, *Vision*, a ocupat de asemenea un onorant loc 17.

În 2015, echipa *CyberTech* a ocupat primul loc la concursul național, iar la finala europeană de la Yverdon-les-Bains, Elveția, a depășit rezultatul obținut în anul anterior, clasându-se pe poziția a 13-a, dintr-un total de 32 echipe participante (fig. 15.16, 15.17).

La edițiile din intervalul 2016-2023, de fiecare dată, una dintre ele două echipe, fie *CyberTech*, fie *Powerbot*, s-a calificat în primele 16.

Mai jos este prezentată o listă cu locațiile concursului EUROBOT, în perioada 2014-2023 (desigur, în perioada pandemică concursul nu s-a desfășurat):

- 2014 – Dresda, Germania (locul 16);
- 2015 – Yverdon-les-Bains, Elveția (locul 13);
- 2016 – Le Kremlin-Bicetre, Franța (locul 5);
- 2017 – La Roche-sur-Yon, Franța (locul 12);
- 2018 – La Roche-sur-Yon, Franța (locul 7);

2019 – La Roche-sur-Yon,Franta (locul 5);
2023 – La Roche-sur-Yon,Franta (locul 15);



Fig. 15.23 Roboții echipei CyberTech – 2015



Fig.15. 24 Meci al echipei CyberTech la Eurobot 2015, Yverdon-les-Bains, Elveția



Fig. 15.25 Meci al echipei CyberTech la Eurobot 2016, Le Kremlin-BicetreFranta



Fig. 15.26 Echipele CyberTechși Powerbotla Eurobot 2017, La Roche-sur-YonFranta



Fig. 15.27 Echipele CyberTechși Powerbotla Eurobot 2018, La Roche-sur-YonFranta



Fig. 15.28 Meci al echipei CyberTech la Eurobot 2023, La Roche-sur-YonFranta



Fig. 15.29 Robotii echipelorCyberTech si Powerbot- 2018

Bibliografie

1. O. Bologa, R.E. Breaz, S.G. Racz, *A Fuzzy-based Decision Support Tool for Engineering Curriculum Design*, International Journal of Computers Communications & Control, Volume: 10 Issue: 6 (December), pp. 803-811, ISSN 1841-9836
2. R.E. Breaz, O.C. Bologa, S.G. Racz, A.L. Chicea, *Mechatronics – Objectives and Main Challenges of The Study Programme and How Are They Addressed at "Lucian Blaga" University of Sibiu*, 9th International Technology, Education and Development Conference INTED 2015, 2-4 March, 2015, Madrid, Spain, ISBN 978-84-606-5763-7, ISSN 2340-1079, pp. 3349-3358
3. A.L. Chicea, R.E. Breaz, O. Bologa, M. Tera, *Increasing the Quality of Mechatronics Study Programme at "Lucian Blaga" University of Sibiu*, 7th International Conference on Education and New Learning Technologies, EDULEARN 2015, 6-8 July, 2015, Barcelona, Spain, ISBN 978-84-606-8243-1, ISSN 2340-1117, pp. 5062-5068
4. Breaz, R.E., Bologa, O., Racz, S.G., *Mechatronics – A Study Program Required By The Industry*, International Technology, Education and Development Conference INTED 2014, 10-12 March 2009, Valencia, Spain, ISBN 978-84-616-8412-0 / ISSN 2340-1079, 2014, pp. 4123-4131
5. Schupp, P., Beck, W., Bologa, O., Breaz, R., Racz, G., Ionescu, F., *Determining the Ratio between the Disciplines for Mechatronics Study Programme*, ICERI 2010 International Conference of Education, Research and Innovation, 15-17 November, Madrid, Spain, 2010, ISBN 978-84-614-2439-9, pp. 6543-6552.

PLATFORMA NAȚIONALĂ DE MECATRONICĂ



UNIVERSITATEA „ȘTEFAN CEL MARE” DIN SUCEAVA

**FACULTATEA DE INGINERIE MECANICĂ, AUTOVEHICULE ȘI
ROBOTICĂ¹**

**CENTRUL REGIONAL DE EXCELENȚĂ ÎN
MECATRONICĂ SUCEAVA**

¹ Str. Universității 13, 720229 Suceava, România <https://fim.usv.ro/>

16. Mecatronică și Robotică la Universitatea „Ștefan Cel Mare” din Suceava

Cornel Suciu, Romeo Ionescu

16.1. Start în mecatronică la Suceava

Istoria studiului elementelor de mecatronică la Facultatea de Inginerie Mecanică, din Universitatea Ștefan cel Mare, începe după 1990. Înainte de acest an, în această instituție, principala specializare era Tehnologia Construcțiilor de Mașini. Structura programei de studiu nu cuprindea discipline specifice mecatronicii. În toamna anului 1990 se înființează în cadrul Facultății de Inginerie Mecanică specializarea nouă, unică în țară la acea dată și anume Mecatronică. În urma aplicării prevederilor Legii nr. 88/1993, privind acreditarea instituțiilor de învățământ superior și recunoașterea diplomelor, Facultatea a primit Autorizație de funcționare provizorie pentru specializarea Mecatronică. Așadar, pentru prima dată în România se începe oficial învățământul superior ingineresc în mecatronică. În prezent, în cadrul Facultății de Inginerie Mecanică, Mecatronică și Management (FIM) - denumirea actuală a facultății - în cadrul domeniului de licență, funcționează programul de studii de licență acreditat Mecatronică și programul de studii de master Mecatronică aplicată.

Prin HG nr. 535 din 01.07.1999, publicată în Monitorul Oficial al României nr. 324/07.07.1999 s-a reconfirmat autorizarea de funcționare provizorie a specializării *Mecatronică*, forma de învățământ zi, durata studiilor de 5 ani.

Urmare a modificărilor survenite în învățământul superior românesc prin aderarea la principiile Convenției de la Bologna, programul de studii *Mecatronică*, cu durata studiilor de lungă durată de 5 ani, a devenit program de *Mecatronică*, cu durata studiilor de 4 ani, conform HG 1175/2006 prin care s-a aprobat nomenclatorul domeniilor de licență și a programelor de studii din cadrul acestora. În anul universitar 2005/2006 s-a organizat prima admitere la Suceava pentru programul de studii *Mecatronică* cu 4 ani.

Misiunea programului de studii *Mecatronică* este de a forma ingineri mecatroniști competitivi pe plan european capabili să conceapă, să proiecteze, să exploateze și să rezolve atât probleme ingineresti specifice domeniului cât și manageriale.

Pregătirea specialiștilor în programul de studiu „*Mecatronică*” urmărește să asigure cunoștințe fundamentale din domeniile: mecanică, electronică, informatică, robotică, electrotehnică, tehnologii de fabricație specifice domeniului etc.

16.2. Scurtă prezentare a principalelor echipamente folosite de mecatronică

În cadrul facultății se află mai multe laboratoare destinate în mod special domeniului mecatronică, în care se găsesc echipamente specifice domeniului. Se găsesc și laboratoare multidisciplinare folosite la mai multe specializări. Câteva echipamente din dotare specifice domeniului mecatronică sunt prezentate în continuare.

a) Sistem modular de asamblare automată MAS-200

Acest montaj de mini-celule dezvoltat de firma SMC International Training (Fig.16.1).este compus din 4 module de manipulare și a fost conceput pentru capacitățile care urmează să fie dezvoltate studenților în scopul de a dobândi competența profesională cerută de cursurile de specialitate.



Fig.16.1 Sistem modular de asamblare automată MAS-200, foto laborator

Sistemul MAS-200 se constituie dintr-o mini-unitate automată de asamblare a unui mecanism rotativ. Pentru asamblarea succesivă a componentelor care integrează un dispozitiv rotativ, s-au dezvoltat cinci stații de proces și anume:

- analiza sistemelor de acționare pneumatică și electropneumatică (mod de funcționare structură, componente pneumatice, componente de comandă etc.);
- programarea sistemului automatizat, folosind automate programabile OMRON;
- monitorizarea și controlul echipamentelor automatizate folosind sisteme de tip SCADA;
- dezvoltarea sistemelor de tip SCADA folosind mediul de lucru CX-Supervisor;
- diagnosticarea de erori întâlnite la reparația sistemelor automatizate.

b) Stand cu servomotor Festo DTC Servo TP801

Pe standul cu servomotor de la firma Festo, DTC Servo TP801, (Fig.16.2), se pot efectua o serie de aplicații care utilizează ca elemente de acționare, servomotoarele. Sistemul este compus din unitate PC, controler, sursă de alimentare de 24V c.c., servomotor, ghidaj liniar cu sanie, senzori de proximitate pentru detecția capătului de cursă și cutie de comandă. Studenții au posibilitatea de a efectua exerciții de asamblare și dezasamblare a sistemului, precum și diferite aplicații de control al modului de deplasare a saniei. Sistemul de acționare se poate comanda prin intermediul cutiei de comandă, în modul manual sau prin intermediul PC-ului. Se pot realiza deplasări ale saniei cu diferite viteze. Se pot impune diferite accelerații ale saniei sau frânarea acesteia. Studenții pot experimenta și efectul creșterii intensității curentului electric asupra momentului motor. Prin intermediul aplicației de pe PC se pot realiza programe pe care sistemul trebuie să le execute.

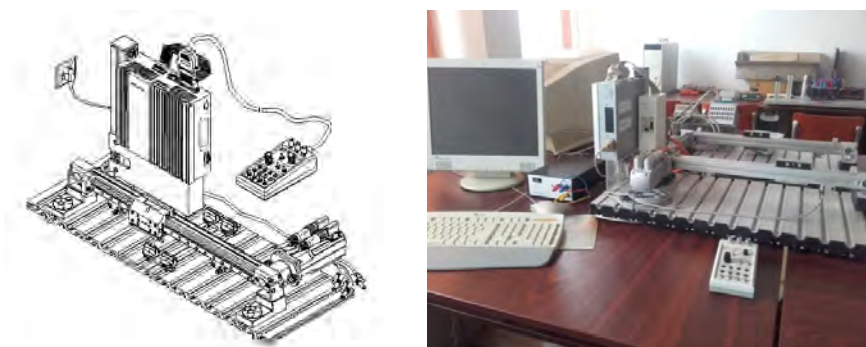


Fig. 16.2 Stand cu servomotor Festo DTC Servo TP801, [1], foto laborator FIM.

c) Stand cu motor pas cu pas Festo DTC Step TP800

Pe standul Festo, DTC Step TP800, (Fig.16.3), se pot efectua exerciții care utilizează ca elemente de acționare motoarele pas cu pas. Sistemul este compus din unitate PC, controler, sursa de alimentare de 24V c.c., motor pas cu pas, ghidaj liniar cu sanie, senzori pentru detecția capătului de cursă și panou frontal de comandă. Se pot efectua exerciții de asamblare și dezasamblare a sistemului, precum și diferite aplicații de control al modului de deplasare al saniei. Sistemul de acționare este comandat de controler. Acesta dispune de memorie proprie pe care se pot stoca programe de lucru. Sistemul comunică cu PC-ul prin intermediul portului. Se pot realiza programe pe PC care, ulterior, sunt descărcate în memoria controlerului și apoi pot fi executate; utilizatorii pot dobândi competențe specifice limbajului de programare a mașinilor cu comandă numerică. Standul are posibilitatea de a fi conectat la un al II-lea motor cu ghidaj pentru aplicații complexe. Se pot simula astfel situații în care se impune o sincronizare între cele două axe ale motoarelor.

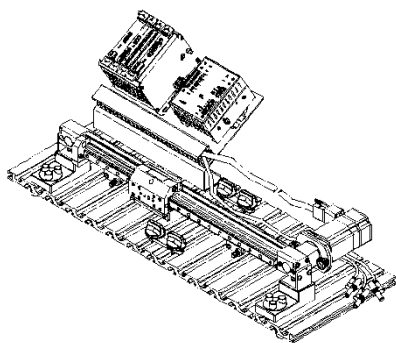


Fig. 16.3 Stand cu motor pas cu pas Festo DTC Step TP800, [2] și foto laborator FIM.

d) Stand Festo FP1110 pentru studiul senzorilor

Pentru studiul principiilor de funcționare a traductoarelor și senzorilor se utilizează elemente din structura standului Festo FP1110. Acesta conține o serie de senzori de proximitate prin intermediul cărora se pot testa diferiți senzori de proximitate. Standul are în componență senzori de proximitate inductivi, capacitivi, ultrasonori. Se poate determina distanța de lucru a senzorilor, sensibilitatea acestora și tipul de obiect care poate fi sesizat prin intermediul acestor senzori. Standul conține un set de obiecte confecționate din materiale diferite pentru studiul modului de comportare al senzorilor în prezența acestor

materiale. Pentru a face mai atractive încercările experimentale, distanța relativă dintre obiect și senzor se poate măsura prin intermediul unei rigle de măsurare, electronică cu afișaj digital.

e) **Roboți industriali**

O componentă importantă a educației în mecatronică este introducerea noțiunilor de robotică și aplicații ale roboticii. În ediția din 2016 a lucrării „Platforma Națională de Mecatronică” s-a prezentat evoluția studiului roboticii la Facultatea de Inginerie Mecanică, Autovehicule și Robotică din cadrul Universității “Ștefan cel Mare” din Suceava.

Astfel, în anul 2002 laboratorul de roboți industriași este dotat, prin donație directă de la o instituție din Franța, cu un robot PUMA 560, robot industrial produs de firma elvețiană Staubli. Modelul PUMA era folosit în anii '90 foarte mult în școlile tehnice și laboratoarele universitare din Franța (firma elvețiană Staubli producea acest tip de robot la Faverge, în Franța) și din alte țări europene și americane (modelul PUMA era licență americană Unimation), Fig. 16.5. Robotul este condus manual cu ajutorul unei cutii de comandă (*teach pendant*) și programat prin consola cu monitor cu softul VAL 2. În timp, au fost dezvoltate, cu ajutorul studenților, diverse aplicații, care încercau să imite mediul industrial cu tehnologie robotizată.



Fig.16.4 Robotul Puma 560 în stand cu aplicație, foto laborator FIM.



Fig. 16.5 Kuka 125 KRC2 robot în laborator la Suceava, FIM

Începând cu anul 2000 s-a reluat o colaborare mai veche, cu Universitatea „Claude Bernard” Lyon, Franța. Colaborarea internațională în domeniul roboticii a fost extinsă și la alte instituții europene, cum ar fi: Katholieke Hogeschool “Sint Lieven” din Gent și Katholieke Universiteit din Leuven, Belgia, Instituto Superior Tecnico din Lisabona, Portugalia, University of Applied Sciences din Augsburg și University of Applied

Sciences din Aalen, Germania, Technological Education Institute of Kavala, Grecia, AGH University of Science and Technology din Cracovia, Polonia, INSA din Strasbourg, Franța. Aceste colaborări, active în prezent, permit documentare, schimb de experiență, studii și stagii de practică pentru studenți, participarea la proiecte didactice și de cercetare etc.

Una din colaborările internaționale a fost deosebit de benefică, din punct de vedere al modernizării laboratorului. În anul 2006, Bezirk Schwaben, din Bavaria, Germania, împreună cu producătorul german de roboți industriali Kuka Roboter, fac o donație deosebit de utilă, un robot Kuka 125 KRC2 (Fig. 16.5). Noul echipament permite dezvoltarea unor noi aplicații didactice și de cercetare cu roboți industriali, extinderea colaborărilor cu parteneri din țară și străinătate, [3]..

În anul 2015 laboratorul de robotică a fost implicat în proiectul MANSiD, „Centru integrat de cercetare, dezvoltare și inovare pentru Materiale Avansate, Nanotehnologii și Sisteme Distribuite de fabricație și control”, cofinanțat de Fondul European de Dezvoltare Regională și Guvernul României. Obiectivul general al proiectului a fost creșterea capacității de cercetare-dezvoltare și inovare multi-disciplinară și inter-disciplinară. Scopul implementării acestui proiect a constat în crearea unei noi infrastructuri de cercetare-dezvoltare MANSiD. Unul din laboratoarele modernizate a fost *Laboratorul pentru cercetări privind tehnologiile avansate de prelucrare cu roboți și sisteme flexibile*, dezvoltat pe structura laboratorului de robotică existent în facultate.

În continuare sunt prezentate principalele echipamente intrate prin acest proiect în dotarea laboratorului de robotică, ROBFLEX, care permit studenților și cadrelor didactice să efectueze formare și cercetare pe echipamente de ultimă generație.

a) **KUKA KR 6 R900 sixx**, produs de cunoscuta firma germană Kuka Roboter, este un robot poliarticulat cu șase axe. Este echipat cu cameră de luat vederi (pentru recunoaștere piese), mouse-ul 6D și tastatură ergonomică în panoul tactil. Robotul este integrat într-o celulă flexibilă, (Fig.16.6).

b) **Softul KUKA Sim Pro** destinat programării off-line și simulării celulelor flexibile cu roboți industriali Kuka. Programul finalizat pe un calculator poate fi transferat folosind sistemul software *KUKA.OfficeLite* direct celulelor cu roboți reale. În Fig. 16.7 este o imagine preluată de pe un calculator PC din laboratorul de robotică pe care s-a simulat o celulă cu robot pentru prelucrarea pieselor.



Fig. 16.6. Celulă flexibilă cu robot KUKA KR 6 R900, foto laborator.

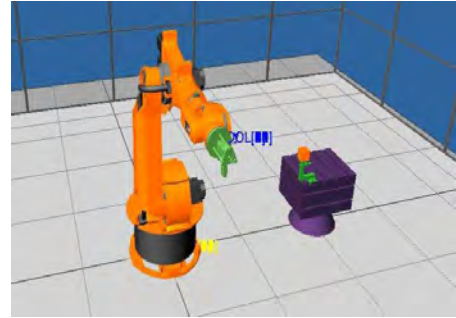


Fig. 16.7. Simulare cu softul Kuka SimPro

c) **Sistemul Opti-Scan 350.10, scaner cu lumină albă.** Se poate folosi la scanarea pieselor și măsurarea lor fără contact, în 3 dimensiuni. Are tehnica bazată pe iluminare LED de putere ridicată, este ultrarapid, executând 250.000 măsurători pe secundă, (Fig.16.8). Modulele principale ale softului: inspectare piese, preluare imagini și puncte, modelare, dimensionări ale pieselor, transfer spre softuri de proiectare asistată (CAD), reconstituire 3D a pieselor scanate.



Fig.16.8. Sistemul Opti-Scan 350.10, InspecVision, [6].



Fig. 16.9. Braț poliarticulat cu 7 axe Nikon MCx20, [7].

d) **Braț poliarticulat cu 7 axe Nikon MCx20** (Fig.16.9). Echipamentul este compus dintr-un braț de măsurat poliarticulat cu volum sferă de măsurare până la 2,00m și un scaner integrat.

16.3. Dezvoltarea mecatronicii continuă la Suceava

În ultimii ani, în cadrul lucrărilor de finalizare a studiilor s-au dezvoltat multiple standuri de laborator bazate pe sisteme mecatronice, dintre care se menționează doar câteva, care sunt în continuare utilizate ca echipamente didactice:

Sistem mecatronic pentru manipulare și sortare cu braț pneumatic și bandă transportoare.

Sistemul proiectat și construit în 2021, în cadrul laboratorului de Acționări Hidro-Pneumatice și Automate, ilustrat în Fig.16.10 este un echipament mecatronic întrebuintat în scopul sortării și manipulării unor piese de mici dimensiuni, fabricate din materiale diferite. Elementul principal al echipamentului este reprezentat de un manipulator cu poziții multiple, acționat pneumatic și o bandă transportoare prevăzută cu un senzor inductiv.

Inițial piesele manipulate, sunt depozitate într-o magazie gravitațională. Preluare și manipularea pieselor este asigurată de un braț acționat pneumatic, ce permite mișcări de translație în plan vertical și orizontal și o rotație în jurul axei normale la planul mesei. Prinderea pieselor se efectuează cu vacuum, folosind o ventuză montată pe capătul unui cilindru pneumatic vertical. Sortarea pieselor se realizează după poziționarea acestora pe o bandă transportoare, prevăzută cu un senzor inductiv și un braț mobil, care dirijează piesele pe trasee diferite, în funcție de materialul din care sunt confecționate.

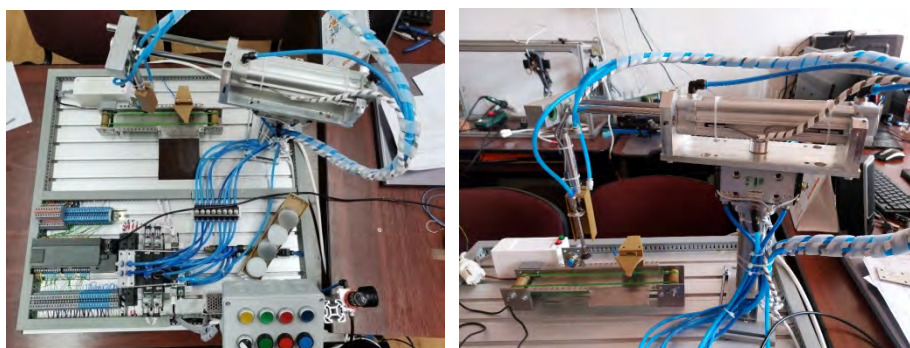


Fig.16.10 Sistem mecatronic pentru manipulare și sortare cu braț pneumatic și bandă transportoare

Controlul sistemului este asigurat prin intermediul unui PLC Siemens S7-200, programarea căruia face obiectul unor lucrări de laborator.

Celulă Robotizată Pentru Manipularea Obiectelor Ușoare, echipată cu vedere artificială

Celula robotizată ilustrată în Fig.16.11 permite manipularea obiectelor ușoare cu ajutorul unui sistem de vedere artificială. Prinderea și mutarea obiectelor se realizează cu ajutorul unui braț robotic prevăzut cu un sistem prehensor cu două bacuri. Cea mai mare parte a construcției

s-a realizat folosind tehnologia de fabricare aditivă bazată pe extrudare de filament. Controlarea poziției robotului este asigurată de o placă de dezvoltare Arduino ce primește instrucțiuni de la o placă RaspberryPi care asigură procesarea imaginilor preluate de o cameră video atașată sistemului, pentru a recunoaște prezența și poziția obiectelor în interiorul spațiului de lucru, ca în Fig.16.12. Sistemul pune la dispoziție elementele de bază pentru dezvoltarea diferitor aplicații de manipulare a obiectelor, asistate de sisteme de vedere artificială.

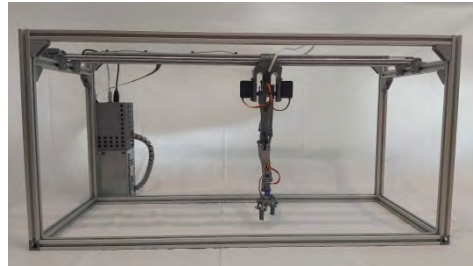


Fig.16.11 Celulă Robotizată Pentru Manipularea Obiectelor Ușoare



Fig. 16.12 Determinarea poziției obiectelor

Echipament mecatronic cu robot paralel pentru sortarea și manipularea pieselor

Echipamentul proiectat și realizat în cadrul laboratorului și ilustrat în Fig.16.13, este conceput pentru sortarea și manipularea pieselor de mici dimensiuni, la viteze mari.



Fig.16.13 Echipament mecatronic cu robot paralel

Elementul principal al echipamentului este reprezentat de un braț robotic paralel, de construcție proprie, care asigură manipularea pieselor

în poziții predefinite. Alimentarea acestuia cu piese este asigurată de o bandă transportoare, tot de construcție proprie, iar sortarea se face în funcție de culoarea piesei.

Celulă Automatizată Pentru Poziționarea Și Sortarea Pieselor Cu Manipulator Electro-Pneumatic Și Bandă Transportoare

În Fig.16.14 este prezentată o celulă automatizată cu manipulator electro-pneumatic și bandă transportoare de sortare a pieselor, de construcție proprie în cadrul laboratorului de Acționări Hidro-Pneumatice și Automate. Elementele principale al echipamentului sunt manipulatorul în coordonate carteziene și banda transportoare de sortare automată, tot de construcție proprie, care asigură manipularea pieselor din diferite poziții din magazie pe banda transportoare care sortează piesele din material metalic de cele nemetalice.

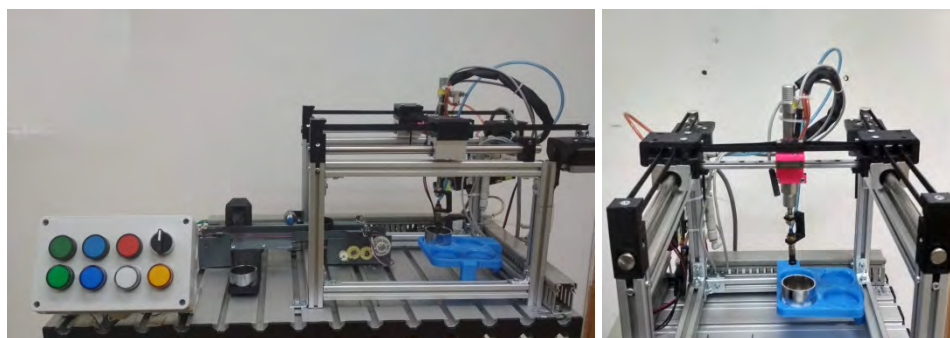


Fig.16.14 Celulă Automatizată Pentru Poziționarea Și Sortarea Pieselor

Platforme mecatronice cu elemente de Industry 4.0

În prezent ne regăsim în mijlocul unei transformări semnificative în ceea ce privește modul în care producem produse datorită digitalizării producției. Această tranziție este atât de convingătoare încât este denumită Industry 4.0, pentru a reprezenta cea de-a patra revoluție care a avut loc în producție. Pentru a veni în întâmpinarea noilor necesități educaționale aduse de acest concept, la Universitatea din Suceava s-au făcut demersuri pentru asigurarea de noi dotări care să permită asigurarea unei educații mecatronice în pas cu cerințele actuale.

În anul 2024, printr-un parteneriat dintre Orașul Siret, Universitatea Ștefan cel Mare Suceava, Județul Suceava și INDUSTRIAL PARK EAST EUROPEAN BORDER S.R.L. și cu finanțare din Programul Operațional Regional 2014-2020, s-a finalizat proiectul intitulat

„Înființarea parcului științific și tehnologic EAST EUROPEAN BORDER Siret”.

Prin acest proiect, în cadrul Parcului Științific și Tehnologic Siret, s-a construit și dotat un laborator de mecatronică și Industrie 4.0, dotat cu tehnologie Bosch Rexroth.

Principală componentă din dotarea laboratorului este platforma de instruire mMS 4.0 (Xite Automax 520) dezvoltată de Bosch Rexroth.



Fig. 16.15 Platforma de instruire mMS 4.0 (Xite Automax 520)

Platforma mMS4.0 include trei stații care pot fi operate separat. Fiecare stație acoperă diferite domenii ale unui mediu de producție real. Procesul începe cu primirea mărfurilor și inspecția acestora (stația 1), urmat de asamblare în două procese de lucru diferite (introducerea pini și adăugarea și presarea cub superior) (stația 2). Cea de-a treia stație asigură procesul de logistică, în care cuburile sunt depozitate într-un sistem de depozitare cu rafturi înalte (stația 3).

Fiecare dintre cele trei stații permite transmiterea de cunoștințe din domenii diferite. Pe baza acestora, există diverse exerciții în jurul

subiectelor Industry 4.0, cum ar fi măsurarea consumului de energie electrică și aer la nivelul sistemului, aplicații RFID sau vizualizări la panoul de control.

Tot în cadrul acestui laborator se regăsește sistemul de instruire în robotică Robotics Trainings System WS502, echipat cu un braț robotic Kuka Agilus Sixx, cu șase grade de libertate. Acesta poate lucra individual, sau împreună cu platforma mMS4.0, atașat de aceasta.



Fig. 16.16 Sistem de instruire în robotică cu Kuka Agilus Sixx

Tot în 2024, în dotarea Facultății de Inginerie Mecanică, Autovehicule și Robotică, a intrat sistemul de instruire avansată în mecatronică, ilustrat în Fig. 16.16, achiziționat pe baza unei sponsorizări din partea companiei BOSCH. Sistemul mecatronic industrial este alcătuit din: sistem de alimentare gravitațional cu paleți ce conțin piese cilindrice, un sistem de transport cu bandă transportoare ce permite controlul poziției, vitezei și accelerației, sistem senzorial pentru determinarea caracteristicilor pieselor (culoare), precum și antena RFID și tag-uri atașate pe paleți. Standul este prevăzut de asemenea cu un sistem de manipulare de tip portal, ce asigură funcții de sortare și manipulare,

format din două axe de mișcare (din care o axă orizontală cu acționare electrică controlabilă în buclă-închisă în poziție și/sau viteză și una verticală cu acționare pneumatică bistabilă), un sistem de prehensiune pneumatic, cu funcții multiple compusă (prindere: paleți, piese, capace), două sisteme de transport auxiliare (conveior lateral) cu acționare pneumatică (prin indexare), jgheaburi de evacuare piese, sistem de distribuție modular pentru comanda motoarelor pneumatice din structura sistemului (alimentare, transport, prindere), sistem de preparare aer (filtrare, reglare), interfețe semnale digitale (tip SysLink), componente auxiliare de control, sistemul de comandă și control (PLC/IPC)



Fig. 16.17. Sistem avansat pentru pregătire în mecatronică

16.4. Mecatronica - specializare susținută prin pasiune

În facultate este activ din anul 2008 *Cercul de Mecatronică și Robotică*. Coordonarea cercului este asigurată de Șef. lucr. dr. ing. Cornel SUCIU, Șef. lucr. dr. ing. Ionuț ROMÂNUL și Șef. lucr. dr. ing. Traian SEVERIN, prodecan al Facultății de Inginerie Mecanică, Autovehicule și Robotică, în colaborare cu alți colegi, având pasiune pentru mecatronică, robotică și activități extracurriculare cu studenții. Cercul este destinat dezvoltării cunoștințelor și pasiunilor în mecatronică și robotică, a spiritului de muncă în echipă și de competiție, [8].

Filiala Societății Române de Robotică (SRR) este prezentă în facultate din 2009, fiind susținătoarea unor activități destinate studenților, de informare și organizare asupra unor evenimente științifice, publicistice, specifice roboticii. Au fost propuse mai multe activități care să permită cunoașterea, susținerea și promovarea roboticii în regiunea de nord-est a României, [9].

16.5. Concluzii

Studiul mecatronicii, didactica și cercetarea, la Universitatea “Ștefan cel Mare” din Suceava a cunoscut în timp o evoluție importantă. Laboratoarele au fost modernizate în etape, ca spațiu, echipament, posibilitate de a dezvolta aplicații și legături cu industria. Un timp, anii 1990-2000, industria din regiune a cunoscut un regres important, fapt ce a determinat ca aplicațiile dezvoltate în laboratoarele de mecatronică să fie transferate în mică măsură spre sfera industrială. Un val, care a trecut peste țările cu economie dezvoltată cu ani în urmă, se îndreaptă în ultimii ani și spre țara noastră, este vorba de automatizarea complexă și robotizarea proceselor industriale. Acest val nu poate și nici nu trebuie evitat, ci confruntat cu încredere și competență. Educația în mecatronică va avea un rol deosebit de important la Suceava, fiind vitală pentru regiune, pentru economie, pentru dezvoltarea spiritului ingineresc în universitate, adecvat și adaptat industriei moderne.

Bibliografie

- [1] http://kekvilag.hu/hardver_katalogus_lapozos/pdf/10146.pdf
- [2] <http://www.festodidactic.com/ov3/media/customers/1100/00239395001102945578.pdf>.
- [3] Agenția AMOS News, 09/28/2006, <http://www.amosnews.ro/arhiva/robot-industrial-ultima-generatie-universitatea-stefan-cel-mare-28-09-2006>
- [4] <https://fim.usv.ro/cer-stud/>
- [5] <http://www.festo-didactic.com/fr>.
- [6] <http://www.inspecvision.com/en/opti-scan>.
- [7] <http://www.nikonmetrology.com/en/EU/Products/Portable-Measuring>.
- [8] <https://fim.usv.ro/cercul-de-mecatronica-si-robotica/>.
- [9] https://fim.usv.ro/acasa_srr/



UNIVERSITATEA POLITEHNICA TIMIȘOARA

FACULTATEA DE MECANICĂ

DEPARTAMENTUL DE MECATRONICĂ¹

**CENTRUL REGIONAL DE EXCELENȚĂ ÎN
MECATRONICĂ TIMIȘOARA**

¹ Piața Victoriei Nr. 2, 300006 Timișoara, Romania, www.upt.ro

17. Educație și cercetare mecatronică la universitatea Politehnica Timișoara

Valer Dolga, Erwin Lovasz, Cristian Moldovan

17.1 Introducere

Departamentul de Mecatronică, de care se leagă în acest moment educația în mecatronică la Universitatea Politehnica Timișoara, a fost înființat în cadrul Facultății de Mecanică în anul 2001.

Direcțiile de cercetare, activitățile didactice pe multiple specializări au creat necesitatea unor modificări organizatorice pentru eficientizarea acestora. Obținerea unor rezultate concrete și în corespondență cu scopul educativ propus este condiționată de un proces complex. Procesul parcurge o succesiune de etape pornind de la discipline individuale / fundamentale până la faza de identitate tematică. Se poate constata că acest parcurs este întâlnit și la UPT.

De la ultima prezentare a colectivului de mecatronică și a evoluției programelor de învățământ în mecatronică/robotică, s-a avut în vedere sprijinirea viitorilor ingineri mecatroniști în acceptarea provocărilor în evoluție, dezvoltare și durabilitate. S-au urmărit proiectarea curriculei, a strategiilor de învățare și alinierea între nevoile educaționale și profesionale în legătură cu aceste provocări. Sustenabilitatea și impactul au fost avute în vedere în asigurarea unui învățământ sigur în mecatronică.

Cerințele privind noi roluri, abilități și competențe în rândul inginerilor mecatronici sunt într-o dinamică continuă. Din acest punct de vedere, abordări actuale în învățământul de științe ingineresti din străinătate scot în evidență o orientare a învățământului dual spre direcțiile menționate: mecatronică/robotică.

17.2 Organizarea departamentului și cadrele didactice

Departamentul de Mecatronică are în structura sa colective didactice specifice disciplinelor fundamentale arondate și respectiv specializărilor de licență și master.

Este corect ca în acest moment să privim cu respect spre cei care au fost la originea colectivului pe care s-a construit încet ceea ce înseamnă astăzi colectivul educațional de mecatronică / robotică în UPT. Seniorii de astăzi și nume de prestigiu ai școlii universitare timișorene

din Departamentul de Mecatronică sunt prezentate în tabelul 17.1 și respectiv tabelul 17.2.

Preocupările didactice și de cercetare ale cadrelor didactice din Departamentul de Mecatronică sunt orientate atât spre disciplinele de studiu cât și spre dezvoltarea unor laboratoare performante pentru analiza funcțională a elementelor constructive de mecatronică / robotică sau a laboratoarelor performante pentru proiectarea asistată de calculator, modelare și simulare.

Tabel 17.1

Cadre didactice active ale departamentului		
<i>CD asociate</i>		
Prof. Dr. ing. Arjana Davidescu <i>Conducător de doctorat</i>	Prof. emerit Dr. ing. Inocențiu Maniu <i>Conducător de doctorat</i>	Prof. Dr. ing. Corina Gruescu <i>Conducător de doctorat</i>
Prof. emerit Dr. ing. Valer Dolga <i>Conducător de doctorat</i>	Conf. Dr. ing. Iosif Cărăbaș	
<i>CD titulare</i>		
Prof. Dr. ing. Erwin Lovasz – <i>Director de departament</i> <i>Conducător de doctorat</i>	Prof. dr. ing Dan A. Șerban <i>Conducător de doctorat</i>	Prof. dr. ing. Mircea Vodă
Conf. Dr. ing. Valentin Ciupe	Conf. Dr. ing. Carmen Sticlaru	Conf. Dr. ing. Cristian Moldovan
Conf.dr.ing. Marius - Cornel Mateaș	Conf.dr.ing. Dan Teodor Mărgineanu	Conf. Dr. ing. Marius Mateaș
Conf. Dr. ing. Mariana Ilie	S.L. Dr. ing. Florina Pop	S.L.. Dr. ing. Cristian Pop
S.L. Dr.ing.Robert Kristof	S.L. Dr. ing. Eugen Zăbavă	S.L. Dr. ing. Hannelore Hilipescu

S.L. Dr. ing. Adrian G. Radu	S.L. Dr. ing. Liana Dehelean	S.L. Dr. ing. Anca Popa
S.L. Dr. Ing. Andreea Dobra	S.L. Dr. Ing. Laura Salcianu	S.L. Dr. Ing. Dorel Buncianu
S.L. Dr. Ing. Ionut Borozan	S.L. Dr. Ing. Ana Scurt	As. Dr. Ing. Corina Sosdean
As. Dr. Ing. Andrei Farkas	As. Dr. Ing. Andreea Stoia	As. Dr. Ing. Elida Tulcan
As. Dr. Ing. Alexandru Oarcea		

Tabelul 17.2

Seniori de astăzi ai departamentului		
Prof. emerit dr. ing. Lucian Mădăras	Prof. emerit dr. ing. Ioan Nicoară	Prof. dr. ing. Marina Marius
Prof. dr.ing. Vera Argeșanu	Prof. dr. ing. Voia Iulia	Prof. dr. ing. Lia Dolga
Prof. dr. ing. Voicu Mesaros - Anghel	Prof. dr. ing George Savii	Conf. dr. ing. Ioanovici Francisc
Prof. dr. ing. Valeria Vacarescu		

Tabelul 17.3

Nume de prestigiu din istoria departamentului	
Prof. dr. ing. Balekics Marcu [†]	Prof. emerit dr. ing. Octavian Gligor [†]
Prof. dr. ing. Crudu Mihai [†]	Prof. emerit dr. ing. Perju Dan [†]
Prof. dr. ing. Dreucean Mircea [†]	Prof. emerit dr. ing. Corneliu Rădulescu [†]
Prof. dr. ing. Gheorghiu Nicolae [†]	Prof. dr. ing. Pommersheim Alfred [†]
Prof. dr. ing. Ionescu Nelu [†]	Prof. dr. ing. Văcărescu Nicolae [†]
Prof. dr. ing. Kovacs Francisc [†]	Conf. dr. ing. Varga Ștefan [†]
Ș.l. Dr. ing. Aurel Diaconu [†]	

17.3 Laboratoare coordonate în cadrul Departamentului de Mecatronică

A. Laboratorul CAD si Printare 3D

- a) Laboratorul a fost realizat în forma sa inițială prin contribuția firmei Siemens, iar la ora actuala este sprijinit de firma Continental împreună cu Conf. Dr. Ing. Carmen Sticlaru. Laboratorul folosește și folosește în continuare unor colaborări de instruire pentru industrie în proiectarea asistată (mediul Creo, ANSYS). În plus, laboratorul este utilizat în aplicațiile practice la



Fig.17.1 Aspect general din Laboratorul de CAD si Printare 3D

specializările domeniului Mecatronică & Robotică și a celor de tip master (Figura 17.1).

- b) Laboratorul are în dotare: Echipamente de calcul performante (19 buc), Imprimante 3D (4 FDM, 1 FDM - volum mare, 1 SLA), videoproiector, digitizor 3D Microscribe 2G; Software dedicat: ProEngineer, ANSYS, HighRes pentru proEngineer, Scilab, Scicos, Hpsim, Conectare la internet
- c) Discipline asociate laboratorului: Proiectare asistată de calculator, Modelarea 3D, Simularea sistemelor electromecanice, Organe de masini.

B. Laboratorul de Acționări și automatizări

- a) Laboratorul asigură suportul logistic pentru desfășurarea activităților de laborator și proiect la o serie de discipline din programul de instruire de licență Mecatronică & Robotică și mastere coordonate în catedră (Figura 17.2). Laboratorul dispune atât de componente hardware de tip industrial cât și de tehnică de calcul și software dedicat aplicațiilor preconizate, echipamente pentru videoprezentare și aer condiționat. O componentă



Fig.17.2 Aspect general din laborator
importantă în utilitatea laboratorului o ocupă cercetarea și pregătirea doctorală.

- b) Laboratorul are în dotare: sisteme mecatronice avansate adecvate unor lucrări de laborator sau cercetare. Se pot enumera astfel facilități de studiu oferite: studiul elementelor de acționare pneumatică, studiul echipamentelor de distribuție pneumatice, studiul mușchilor pneumatici, studiul acționărilor pneumatice proporționale, studiul sistemului flexibil modular „FESTO-MPS”, utilizarea mediului „FluidSim”. Se dispune de calculatoare, videoproiector, tablă interactivă – 120mm. Alte instalații și echipamente reprezentative: Stație Simatic 300 cu accesorii de rețele și convertizor de frecvență – Siemens; Automat

programabil FC-600 – Festo; Stand cu axa de poziționare pneumatică și interfață pentru senzori de debit și presiune; Stand 3D pentru poziționare servo-pneumatică în spațiu și manipulare; Echipamente pneumatice și electropneumatice de acționare – Festo; Compresoare silentioase – Jun-Air.

- c) Disciplinele asociate laboratorului: Automate programabile, Sisteme de acționare I. Disciplinele asociate laboratorului dispun de bibliografie adecvată studiului (de ex. Ciupe Valentin, Sisteme de acționare I. Aplicații,

C. Laboratorul de Bazele Mecatronicii

- a) Laboratorul se constituie în baza materială dedicată inițierii studenților în tainele sistemelor mecatronice (Figura 17.3). Cu o orientare puternică înclinație spre partea aplicativă, laboratorul include un număr mare de standuri și exemple edificatoare pentru definirea sistemului mecatronic. Laboratorul permite construcția unui programator pentru microcontrolerul PIC 16f8x prin portul serial al PC-ului (partea hardware) și Arduino, determinarea caracteristicii actuatorilor electromecanice liniare cu reductor, analiza instalației de climatizare a autovehiculelor, prevăzută cu procesare funcțională, studiul controlului în buclă închisă a sistemelor, studiul structural, ciclurile de funcționare și randamentul energetic al cuptorului cu microunde programabil.



Fig.17.3 Stand experimental în laboratorul de Bazele mecatronicii

- b) Laboratorul are în dotare: Echipamente necesare analizei sistemelor mecatronice: osciloscoape, generatoare de semnal,

surse de tensiune, multimetre, sistem achiziție date – National Instruments, standuri experimentale (20 buc), videoproiector, ecran; Rețea de calculatoare (8 buc) cu conectare la internet; Software dedicat aplicațiilor LabView.

- c) Disciplinele asociate laboratorului: Bazele mecatronicii, Programarea microcontrolerelor, Mecatronica automobilului. Disciplinele asociate laboratorului dispun de bibliografie adecvată studiului (de ex.: Popa Anca, Componente și sisteme mecatronice. Aplicații, Ed. Politehnica, ISBN 973 – 625 – 244 – 2; Popa, A., Controlul digital al sistemelor mecatronice, Editura Orizonturi Universitare, Timisoara; Gligor Octavian, Structuri mecatronice, Ed. Politehnica, 2009, ISBN 978 – 973 – 625 – 788 – 9).

D. Laboratorul de Sisteme de Fabricație Flexibilă



Fig. 17.4 Sistemul CIM Eshed-Robotec

- a) Sistemul CIM Eshed-Robotec este un sistem de fabricație flexibilă la scară redusă, realizat pentru instruirea de personal tehnic și pentru activități de laborator cu studenții. Acesta este compus din 3 stații de lucru interconectate printr-un conveior în buclă închisă. Stațiile de lucru sunt: depozitul automat, stația de frezare și stația de asamblare.
- b) Laboratorul are în dotare sistemul CIM Eshed-Robotec și sistemul modular Festo. Realizările aplicațiilor practice sunt susținute de o rețea de calcul. Alte instalații și echipamente reprezentative: Sistem de fabricație flexibilă Eshed Robotec format din 3 stații de lucru; Sistem de producție modular Festo (Figura 17.4).
- c) Discipline asociate laboratorului: Bazele roboticii; Sisteme de fabricație flexibilă; Robotică avansată.

E. Laboratorul de Roboti colaborativi – Draexlmaier

- a) Principalul obiectiv este de a promova activitati didactice pentru formarea studentilor in zona robotilor colaborativi. Laboratorul colaborează adesea cu studenți și cadre didactice pentru a dezvolta proiecte practice, prin care studenții pot aplica cunoștințele teoretice în moduri concrete (Figura 17.5)



Fig.17.5 Imagine din spațiul alocat pentru programarea roboților

- b) Laboratorul are în dotare 16 calculatoare conectate la cei 2 roboti colaborativi de la Universal Robots, UR3 si UR10. De asemenea exista o tabla smart conectata la retea pentru a permite discutii directe in fata clasei asupra proiectelor dezvoltate in cadrul activitatilor didactice. Laboratorul asigura toate conditiile pentru desfasurarea unor activitati didactice la cel mai inalt nivel. Acesta este si ultimul laborator renovat integral, in anul 2023.
- c) Discipline asociate laboratorului: Bazele roboticii; Aplicatii robotice; Robotică avansată.

F. Laboratorul de Roboti industriali – KUKA

- a) Celulele robotizate KUKA au fost realizate în scopul instruirii personalului care își desfășoară activitatea productivă cu acest tip de roboți. Aplicațiile concepute de către firma producătoare pentru programatorii roboților Kuka sunt grupate în două categorii: utilizatori și experți (fig.17.6)



Fig.17.6 Roboții Kuka din dotarea laboratorului

Grupul „utilizator” are sarcini legate de instalarea roboților (calibrarea, măsurarea sculei), realizează programe de lucru simple (programare cu asistență a soft-ului, comenzi de mișcare, comenzi legate de tehnologie, verificarea limitei valorilor din program, verificarea corectitudinii sintaxei liniilor de program, întreține sistemul în stare de funcționare, are mici intervenții în program, supraveghează funcționarea acestora și reinițializează sistemul, dacă este nevoie. Experții realizează dezvoltarea programării în limbajul KRL (limbajul robotului), programe de lucru complexe, (subprograme, programarea întreruperilor, programarea repetitivă, programarea de ramificare condiționată a programelor) și programarea numerică a mișcării punctului caracteristic al robotului.

Celula CLOOS este destinată atât aplicațiilor educaționale cât și celor de cercetare / colaborare.

- b) Laboratorul are în dotare instalații și echipamente reprezentative: Celulă robotizată formată din 3 roboți KUKA KR15, KR16, KR125, mese de instruire (3 buc.), acumulatori (3 buc.), compresor Jun-Air; Celulă robotizată CLOOS și echipamente periferice; Sistem de măsurarea performanțelor roboților Compu-Gauge 3 D Dynalog.
- c) Discipline asociate laboratorului: Bazele roboticii, Sisteme de fabricație flexibilă, Robotică avansată.

Alte laboratoare din cadrul Departamentului de Mecatronica

- Laboratorul de Optică Tehnică
- Laboratorul de Echipamente Periferice de Calculator
- Laboratorul de Senzori și Actuatori

17.4 Programe educaționale de licență

Departamentul de Mecatronică coordonează domeniul de licență “Mecatronică și Robotică”.

În ultimii ani, cele două specializări au beneficiat în urma concursului de admitere de o cifră de școlarizare apreciabilă (80 ...100 studenți).

Departamentul de Mecatronică a dezvoltat în anul 2024 un program inovator de studii în sistem dual în domeniul Roboticii. Acest program combină cunoștințele teoretice dobândite în cadrul universității cu experiența practică obținută prin parteneriate cu companii din diverse industrii. Această abordare oferă studenților oportunitatea de a-și dezvolta abilitățile profesionale încă din timpul studiilor și de a facilita tranziția de la educație la piața muncii.

Programul permite ajustarea continuă a curriculumului în funcție de evoluțiile tehnologice și cerințele pieței muncii. Sistemul dual promovează colaborarea strânsă între instituțiile de învățământ și companii (4 companii în cazul menționat), asigurând o formare profesională relevantă și actualizată.

Planul de învățământ al programului de studii este orientat pe disciplinele de specialitate și învățarea aplicată, astfel încât studenții își pot aplica imediat cunoștințele teoretice în contexte reale. Aceasta consolidează înțelegerea și retenția informațiilor și oferă acces la tehnologiile de vârf din cadrul companiilor.

Sistemul dual de educație în domeniul roboticii prevede ca 50% din activitățile didactice să se desfășoare în universitate – cursuri, iar restul de 50% să se desfășoare în companie – laboratoare, seminarii, proiecte, practică.

Trebuie menționat proiectul cofinanțat din Fondul Social European+ prin Programul Educație și Ocupare Titlul proiectului: ROBO-STEP: Stagii de practică în Mecatronică și Robotică la UPT. Proiectul, care a început la 1 ianuarie 2025 și se va încheia la 31 decembrie 2026, își propune să contribuie la creșterea ratei de participare a studenților la programe de învățare la locul de muncă prin dezvoltarea și implementarea unor parteneriate noi sau extinse între mediul de afaceri și universități. Scopul principal este facilitarea tranziției studenților de la statutul de studenți la cel de angajați, prin dobândirea de competențe practice și transversale relevante pentru piața muncii, în domenii precum mecatronică, robotică și modelarea CAD 3D.

Din beneficiile estimate pentru studenți, se pot menționa:

- participarea la stagii de practică în domeniile mecatronică, robotică și modelarea CAD 3D, contribuind la dezvoltarea competențelor practice și profesionale;
- training-uri tehnice (Python, CAD, Roboți Industriali, Automate Programabile - PLC) adaptate nevoilor industriei și training-uri non-tehnice, servicii de consiliere și orientare în carieră, în vederea creșterii șanselor de angajare.

17.5 Programe educaționale de master

Departamentul de Mecatronică a fost implicat și a coordonat programele de master “Ingineria calității în mecatronică și robotică” și respectiv “Sisteme robotice cu inteligență artificială - SRIA”. Cele două direcții de specializare au fost oferite în mod concomitent pe parcursul anilor.

Necesitatea corelării programelor de studii de masterat cu piața muncii, a determinat propunerea unui nou program de studii masterale - *Sisteme mecatronice inteligente pentru industry 4.0*. Disciplinele incluse în cadrul programului de studiu asigură competențe suplimentare pentru absolvenții de studii de licență. S-a urmărit, pentru fiecare program educațional, proiectarea unor planuri de învățământ care să asigure competențe corespunzătoare scopului propus. De ex. pentru masterul SRIA competențele formative au în vedere aspectele cognitiv, practic-aplicativ precum și de comunicare și relaționale, și au fost structurate astfel:

- Aprofundarea cunoștințelor de matematică, CAD și dinamica sistemelor electromecanice;
- Capabilități de construcția, testarea și programarea sistemelor robotice avansate;
- Capabilități în domeniul inteligenței artificiale cu aplicabilitate la sistemele robotizate;
- Capabilități în domeniul aplicativ al tehnologiilor robotizate.

17.6 Programe de doctorat

În Facultatea de Mecanică a UPT funcționează o școală doctorală care include mai multe domenii printre care și „Inginerie mecanică” în care este inclusă și componenta „Mecatronică și Robotică”.

În acest moment în departament au calitatea de conducător de doctorat următoarele cadre didactice:

- Prof. dr. ing. Arjana DAVIDESCU – domeniul „Inginerie mecanică”
- Prof. dr. ing. Corina Gruescu - domeniul „Inginerie mecanică”
- Prof. dr. ing. Valer DOLGA – domeniul „Inginerie mecanică”
- Prof. dr. ing. Inocențiu MANIU – domeniul „Inginerie mecanică”
- Prof. dr. ing. Erwin Lovasz - domeniul „Inginerie mecanică”
- Prof. dr. ing. Dan Andrei Serban – domeniul „Inginerie mecanică”
- Prof. dr. ing. George SAVII – domeniul „Știința calculatoarelor”

Temele abordate în cercetare de către doctoranzii înmatriculați sunt incluse în domeniul „Inginerie mecanică” dar tratează subiecte largi cu tangențe domeniului „Mecatronică și Robotică”.

În tabelul 17.4 este prezentat un extras al tezelor de doctorat coordonate / susținute în cadrul Departamentului de Mecatronică (2017 - 2024).

Tabelul 17.4

Autorul tezei / Titlul tezei	Coordonator
2017	
Lucian Sandru - Demonstratoare mecatronice pentru robotică	Valer Dolga
2018	
Andrei Zoltan Farkas – Determinarea diferentelor posturale dintre diferite ramuri sportive	Inocentiu Maniu
2021	
Dan Florin Teușdea - Cercetarea metodelor alternative de realizare a bilelor de DEO ROLL	Erwin Lovasz
2022	
Ana Maria Munteanu - Dezvoltarea unor metode de evaluare a eficienței exercițiilor de kinetoterapie specifice reabilitării scoliozelor	Erwin Lovasz
2023	
Robert Kristof - Sistem neconvențional de conducere a roboților industriali	Inocentiu Maniu
Iulia - Eliza Ținca - Cercetări privind durata de viață a pastei de lipit în cazul componentelor montate la suprafață	Arjana Davidescu
2024	

Ana Maria Stoian - Dezvoltarea unor dispozitive modulare utilizate în robotica medicală	Inocentiu Maniu
Diana Savu – Analiza si sinteza sistemelor robotice mobile	Valer Dolga

Aspecte din activitatea depusă și rezultatele obținute în câteva din tezele menționate anterior sunt prezentate în figurile 17.7 – 17.10

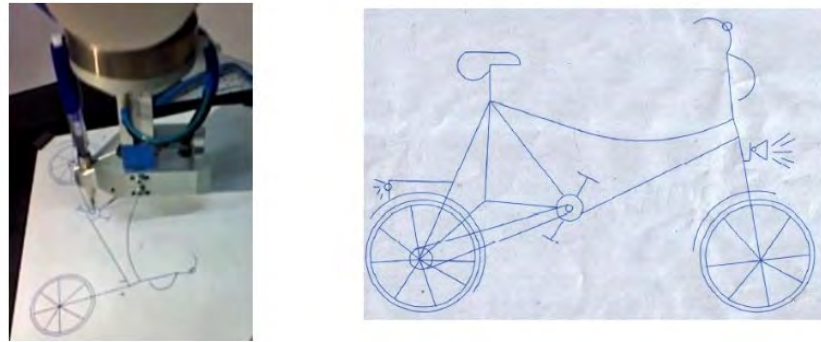


Fig.17.7 Utilizarea unui robot în desenarea unui obiect fizic
[Lucian Sandru – Teză de doctorat_2017]

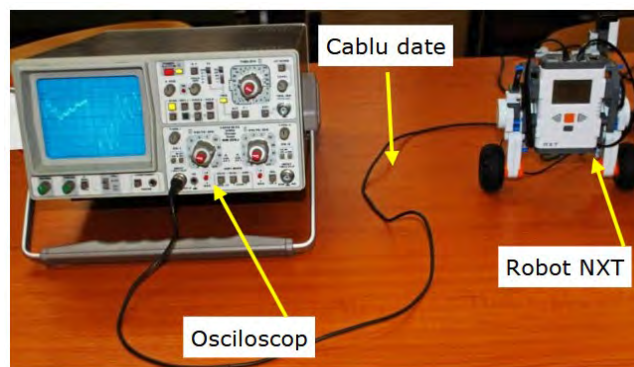


Fig.17.8 Studiul unui demonstrator mecatronic humanoid [Lucian Sandru – Teză de doctorat_2017]

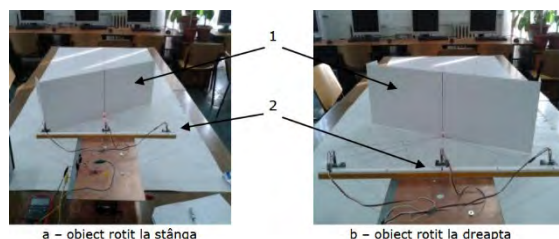


Fig. 17.9 Studiul senzorilor într-un mediu cu obstacole
[Diana Savu – Teză de doctorat_2024]

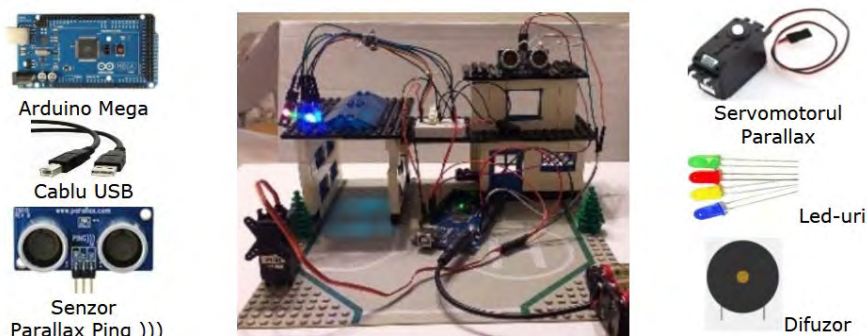


Fig. 17.10 Mecatronica in educatia elevilor
[Diana Savu – Teză de doctorat_2024]

17.7 Colaborarea cu învățământul preuniversitar

Cadrele didactice din Departamentul de Mecatronică au colaborat pe parcursul anilor cu mediul preuniversitar pentru asigurarea unor condiții prielnice admiterii elevilor la specializarea de Mecatronică și Robotică. Au fost oferite posibilități pentru desfășurarea periodică de către elevi a vizitelor în cadrul laboratoarelor departamentului. Cu această ocazie elevii au făcut cunoștință cu dotarea existentă, cu preocupările cadrelor didactice referitoare la domeniul mecatronicii, au avut discuții cu studenți ai acestei specializări. În același timp au fost oferite facilități pentru desfășurarea unor aplicații practice cu tematică impusă în laboratoarele departamentului. Astfel, cadrele didactice din departament au reușit o cunoaștere mai bună a cerințelor din învățământul preuniversitar.

Manifestarea „Zilele porților deschise” se constituie deja într-o tradiție a colaborării cu învățământul preuniversitar. Vizitele desfășurate cu această ocazie au un caracter plin de responsabilitate și includ o participare activă a studenților specializării de Mecatronică și

Robotică. Departamentul de Mecatronică a asigurat, în aceste zile, activități diverse prin care a urmărit promovarea specializărilor. Trebuie remarcată posibilitatea oferită vizitatorilor (prin conf.dr.ing. Marius Mateaș) pentru a intra în dialog cu o stație orbitală prin echipamentele existente în catedră. De un interes aparte au beneficiat concursurile de roboți mobili organizate prin sprijinul logistic al departamentului. În figurile 17.11 - 17.12 sunt prezente aspecte concludente din timpul concursului.



Fig.17.11 Elevi în concurs cu ocazia "Zilele portilor deschise"

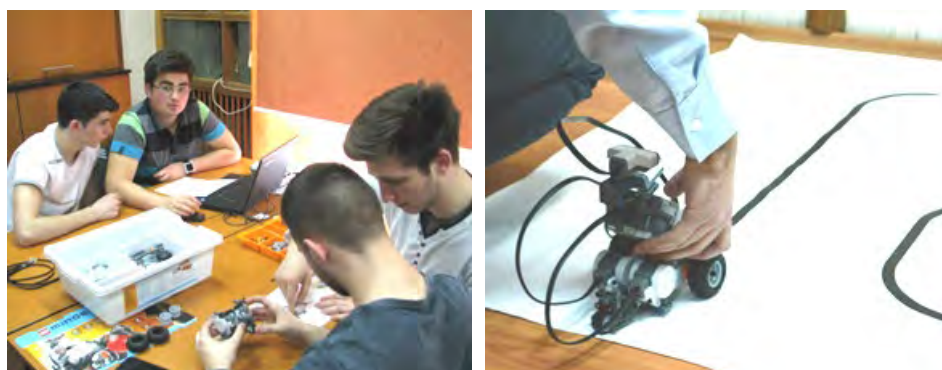


Fig.17.12 Acelasi concurs – altă echipă

17.8 Activitatea de cercetare, programe naționale și internaționale

Activitatea de cercetare la nivelul Departamentului de Mecatronică a urmărit direcțiile de cercetare consacrate și altele noi. Se pot menționa:

- Robotică, sisteme flexibile de fabricație, calitatea sistemelor flexibile robotizate (realizarea unei baze de cercetare, training

pentru potențiali beneficiari ai sistemelor robotizate, soluții pentru creșterea calității și competitivității produselor, optimizarea sistemelor de fabricație flexibilă robotizate etc.);

- Analiza funcționării și sinteza sistemelor mecatronice (dezvoltarea și optimizarea unor componente individuale din structurile mecanice mobile, investigarea unor structuri noi, concepții ale soft-ului și modelarea componentelor dinamice și cinematice, etc.);
- Aparatură medicală pentru diagnoză bazată pe sisteme neinvazive de investigare;
- Modelarea și simulare sistemelor mecatronice.

Printre proiectele recente se numara cel condus de Conf. Dr. Ing. Valentin Ciupe: Proiectarea si executarea unui dispozitiv mecatronic de scanare a cartilor din Biblioteca Academiei Filiala Timisoara, BC100/15.10.2017. De asemenea au existat parteneriate cu Universitatea Tehnica din Cluj-Napoca prin proiectul New Haptic Arm Exoskeletons for Robotics and Automation in Space – EXORAS castigat de UTCN la care partenerul UPT a fost condus de Prof. Dr. Ing. Erwin-Christian Lovasz. Au existat si o serie de proiecte Alianta Romana a Universitatilor Tehnice (ARUT) castigate in Departament, cum ar fi in 2017 prin S.L. Dr. Ing. Zabava Eugen - Dispozitive mecatronice inovative pentru reconfigurarea și reutilizarea ambalajelor sau in 2018 prin Conf. Dr. Ing. Moldovan Cristian - Construcție demonstrator mecatronic modular și optimizare algoritmi de control prin feedback video (Figura 2.13)

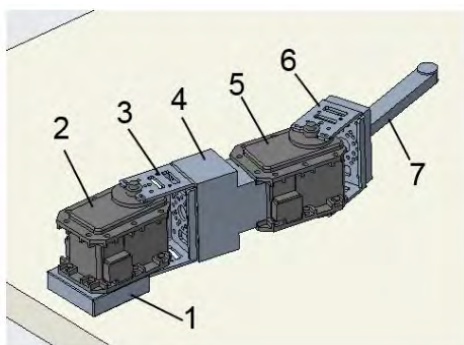


Fig.17.13 Proiectare si realizare in cadrul ARUT 2018

17.9 Cooperare internațională

- Proiecte recente în parteneriat au fost ERASMUS+ Strategic Partnerships for Higher Education MIND - Development of mechatronics skills and innovative learning methods for Industry 4.0, 2019-1-R001-KA203-063153 și Erasmus+ Strategic partnerships KA203 3D printing support service for innovative citizen, 2019-1-IE02-KA203-000693 conduse ambele de Prof. Dr. Ing. Erwin-Christian Lovasz.
- Ultimii 20 de ani s-au constituit într-o perioadă extrem de fructuoasă colaborărilor internaționale materializate prin programe internaționale (Tempus, Socrates, etc.), stagii de pregătire, cicluri de conferințe, colaborări în activitatea doctorală etc. Dintre multiplele colaborări din ultima perioadă pot fi menționate cele cu următorii parteneri: IPA Stuttgart (Germania), Università degli Studi di Udine (Italia), Technische Universität Dresden (Germania), Technische Universität Vienna (Austria), Savonia Polytechnic Kuopio (Finlanda), Budapest Univ. Of Technology and Economics (Ungaria), Institut Français de Mécanique Avancée Clermont-Ferrand (Franța).