

## Laboratorij za modeliranje, simulacijo in vodenje Laboratorij za avtomatizacijo in informatizacijo procesov

### Tradicija

Korenine Laboratorija za modeliranje, simulacijo in vodenje ( LMSV- predstojnik prof. dr. B. Zupančič ) ter Laboratorija za avtomatizacijo in informatizacijo procesov ( LAIP- predstojnik prof. dr. D. Matko ) na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani segajo v šestdeseta leta preteklega stoletja, ko je pokojni profesor dr. France Bremšak ustanovil Laboratorij za analogno in hibridno tehniko in sodeloval pri oblikovanju smeri Avtomatika na dodiplomskem in podiplomskem nivoju. Iz področij matematičnega modeliranja, računalniške simulacije in teorije regulacije sistemov, za katera je bil profesor Bremšak eden od začetnikov v Sloveniji, pri čemer je vzgojil ogromno mladih kadrov, sta se razvila omenjena laboratorija, ki vseskozi tako v pedagoškem kot tudi v raziskovalnem smislu delujeta kot ena skupina. V povezavi z Odsekom za sisteme in vodenje na Inštitutu »Jožef Stefan«, katerega ustanovitelj je tudi profesor Bremšak, predstavljata okolje z najdaljšo tradicijo na omenjenih področjih v Sloveniji.

Laboratorija trenutno štejeta 15 članov (slika 1):

- 3 redni profesorji
- 3 izredni profesorji
- 3 docenti
- 5 mladih raziskovalcev
- 1 tehnični sodelavec



### Raziskovalno delo

Čeprav so raziskave na področju tehnologije vodenja dosegle izredno visoko stopnjo, pa njihovi učinki v praksi še precej zaostajajo. Zato se tudi na področju temeljnih raziskav kaže potreba po integraciji znanja v smislu praktične uporabnosti metod in ne toliko razvijanja novih bolj in bolj sofisticiranih pristopov.

Poudarki raziskav laboratorijev se zaradi omenjenih razlogov obračajo predvsem v naslednje smeri:

- Problem učinkovitega pridobivanja znanja o procesu (novi pogledi na modeliranje in simulacijo sistemov).
- Pri načrtovanju vodenja se problematika širi predvsem v smislu enovitega upoštevanja ne le krmilno-regulacijskega nivoja, temveč tudi nadzora (vključuje zagon in zaustavitev procesa, odkrivanje, spoznavanje in odpravljanje napak, optimiranje urnikov itd.) ter poslovne in upravljalne sfere.

- Možnost povečevanja učinkovitosti načrtovanja vodenja v smislu kombinacij metod, vendar ne le iz klasične linearne teorije, temveč ob vključevanju ekspertnega znanja in pristopov s področja umetne inteligence ter v smislu prilagajanja načrtovalskih orodij domenam uporabe.
- Možnost uporabe omrežnih tehnologij na področju tehnologije vodenja.

## Modeliranje in simulacija

Matematično modeliranje in simulacija procesov skokovito pridobivata na pomembnosti tako na tehniških kot tudi na netehniških področjih, še posebno pa narašča njun delež v projektih visoke tehnologije. Nekatera področja raziskav laboratorijev so:

- konvencionalni pristopi teoretičnega in eksperimentalnega modeliranja in simulacije,
- nelinearni modeli,
- modeli z nevronskimi mrežami,
- intervalni mehki modeli in večpredstavno modeliranje,
- hibridni modeli ( simulacija in pretvorbe med različnimi tipi ),
- modeliranje avtonomnih mobilnih sistemov.

Nekatera področja uporabe modeliranja in simulacije pa so:

- vodenje procesov (načrtovanje vodenja, razvoj metode, izvedba – npr. vodenje na osnovi modela, odkrivanje napak, ...),
- bio in farmakogenomika, medicina,
- toplotni in svetlobni tokovi v stavbah itd.

## Vodenje procesov

Osnovna področja raziskav laboratorijev zajemajo konvencionalno, multivariabilno, adaptivno in prediktivno vodenje zveznih, diskretnih in hibridnih sistemov z ustrezno računalniško podporo in v kombinaciji s pristopi s področja umetne inteligence, pri čemer so bolj kot nove metode zanimive **kombinacije metod** s ciljem približevanja uporabi v industriji. Omenimo naj

- konvencionalne pristope (npr. PID regulacija),
- vodenje multivariabilnih sistemov,
- vodenje na osnovi (nelinearnih) modelov – prediktivno vodenje,
- adaptivno vodenje,
- vodenje hibridnih sistemov,
- uporabo pristopov iz področja umetne inteligence (nevronske mreže, mehko vodenje, genetski algoritmi itd. ),
- ekspertne sisteme za vodenje ali za vrednotenje relativne učinkovitosti vodenja,
- vodenje avtonomnih mobilnih sistemov ( zaznavanje okolice, avtonomno delovanje, navigacija, zaznavanje ovir, iskanje zelenih ciljev, sensorika, algoritmi vodenja, razpoznavanje značilk v prostoru, planiranje poti, lokalizacija, kartiranje itd. ),
- prilagajanje strategij vodenja konkretnim problemskim domenam ter standardni procesni opremi (npr. vodenje temperature šaržnega reaktorja, vodenje toplotnih in svetlobnih tokov v stavbah).

## Pedagoško delo

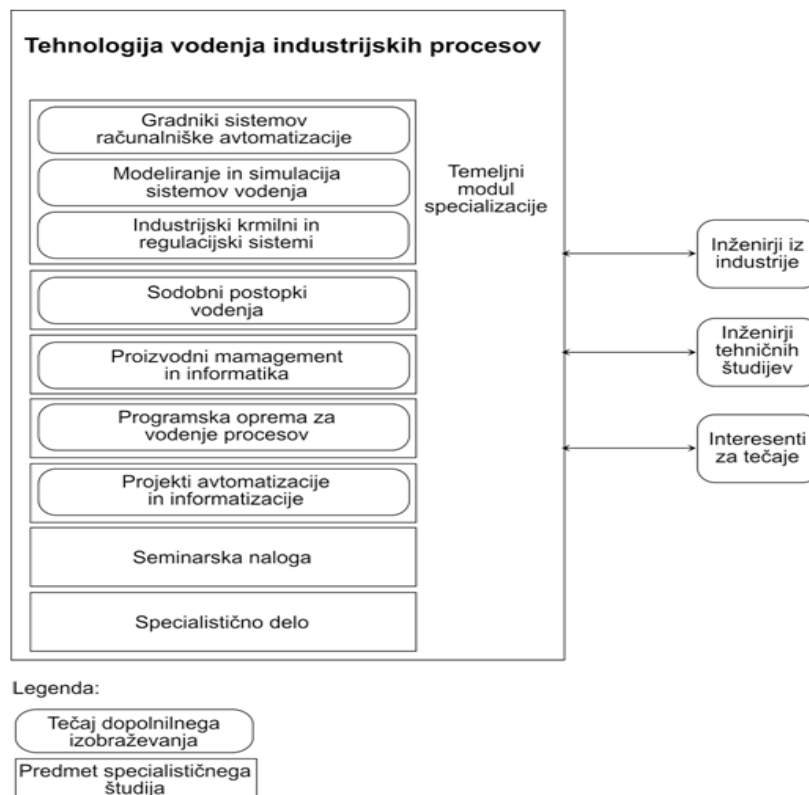
Pedagogi laboratorijev delujemo predvsem na smeri **Avtomatika** tako na univerzitetnem kot na visokošolskem strokovnem študiju. Program Avtomatike se v zadnjih treh semestrih še nadalje deli, sodelavci laboratorijev pa sodelujejo predvsem pri predmetih izbirnih skupin **Procesna avtomatika (PA)** in **Inteligentni sistemi (IS)**. Predmeti vsebujejo vse tiste vsebine, ki so temeljnega pomena v avtomatizaciji industrijskih procesov: modeliranje, identifikacija in simulacija, sistemi vodenja (gradniki, algoritmi, nadzorni sistemi, računalniški sistemi), umetni inteligentni sistemi (razpoznavanje oblik, govora). Poučevanje temelji na t.i. sistemskem pristopu, kar omogoča učinkovito reševanje problemov raznih področij s podobnimi pristopi. Skratka gre za vsebine, ki so nujne v avtomatizaciji v procesni in izdelčni industriji pa tudi za modeliranje in vodenje sistemov na drugih področjih. Trije seminarji z naslovom Vodenje sistemov so zasnovani tako, da ob njih študenti praktično preizkusijo vse najpomembnejše pristope na področju avtomatizacije. Teoretične vsebine so podprte s praktičnim delom v dobro opremljenih laboratorijih.

Študentje se vključujejo tudi v raziskovalno delo. Za večino predmetov imajo na voljo učbenike, ki so jih napisali neposredni predavatelji in asistenti pa tudi obsežno tujo literaturo. Vsako leto je organizirana ekskurzijo v uspešna slovenska podjetja. Laboratorija sta se med prvimi na Fakulteti za elektrotehniko vključila v program SOCRATES-ERASMUS, ki omogoča mobilnost študentov in učiteljev. Nekaj študentov je že opravilo del študijskih obveznosti v tujini, prav tako pa je gostovalo nekaj tujih študentov. Člani laboratorijev občasno predavajo v tujini, tuji profesorji pa na naši fakulteti.

Sodelavci laboratorijev smo v sodelovanju z Inštitutom Jožef Stefan in podjetjem INEA razvili niz petdnevnih tečajev, ki pokrivajo življenjski cikel projektov s področja tehnologije vodenja. Ker so bili tečaji načrtovani v okviru projekta TEMPUS-ALIAC ob sodelovanju še petih evropskih univerz, je njihova kvaliteta tudi mednarodno potrjena. Tečaji predstavljajo tudi glavni del predmetnika specialističnega študija »Tehnologija vodenja industrijskih procesov« na Fakulteti za elektrotehniko, možno pa jih je obiskovati tudi posamično, kot tečaje dopolnilnega izpopolnjevanja. Najpomembnejša lastnost tečajev je njihova praktična usmerjenost pri čemer gre za prikaz le najnujnejših teoretičnih načel.

Oba načina izobraževanja sta namenjena predvsem:

- inženirjem, ki se pri svojem delu srečujejo s problematiko vodenja procesov,
- inženirjem avtomatike, ki si želijo obnoviti in dograditi znanje,
- diplomantom visokih strokovnih šol,
- ostalim zainteresiranim posameznikom poljubne izobrazbe.



V vseh programih dajemo velik poudarek motivaciji študentov in popularizaciji stroke. Delo na sodobnih laboratorijskih modelnih napravah in na opremi industrijskih dimenzij študij popestri in poudarja uporabnostne vidike. Pri tem se vseskozi uporablja sodobna računalniška, komunikacijska in multimedijaska oprema v zadnjem času pa tudi učenje na daljavo. Pozornost je posvečena tudi samostojnemu kreativnemu delu študentov, ki z delom na ustreznih problemih pridobivajo potrebne izkušnje. To delo v nekaterih primerih popestrijo tudi tekmovanja. Motivacijsko in promocijsko vlogo v tem smislu igra tekmovanje v robotskem nogometu. Študentje preko igre in tekmovanja osvojijo najsodobnejše znanje s področij senzorjev, umetnega vida, digitalne obdelave slik, računalništva in informatike, umetne inteligence, inteligentnega vodenja, komunikacije, robotike, mehatronike, modeliranja in simulacij it

Naše ekipe se udeležujejo evropskih in svetovnih prvenstev ter olimpijad. Dosegle so velike mednarodne uspehe saj so zmagale na evropskem prvenstvu v Ljubljani in na olimpijadi v San Franciscu, pa tudi na svetovnih prvenstvih so dosegle zelo visoka mesta.

Ker Fakulteta za elektrotehniko v letu 2009/2010 prehaja na bolonjski študij, je bila za model 3+2+3 potrebna korenita strukturna in vsebinska prenova dosedanje študijske sheme. Želeli smo ponuditi privlačne predmete, ki bi ob evidentnem pomanjkanju kadrov na našem področju pritegnili čimveč študentov in jih naučili tako samostojnega kot tudi skupinskega projektne dela in učinkovitih pristopov k reševanju zastavljenih nalog.

## Dosežki

Najpomembnejše dosežke laboratorijev na različnih področjih delovanja na najkrajši način predstavljajo naslednji kazalci:

- nosilci programske skupine: Modeliranje, simulacija in vodenje sistemov za MVZT,
- soustanovitelji in člani tehnološke mreže: Tehnologija vodenja procesov ( TVP ),
- soustanovitelji in člani Tehnološkega centra za avtomatizacijo, robotizacijo in informatizacijo ( ARI ),
- sodelovanje v projektu ESRR: Sodobne tehnologije vodenja za povečanje konkurenčnosti ob sodelovanju članov TVP in 44 slovenskih proizvodnih podjetij kot uporabnikov rezultatov,
- sodelovanje v Centru odličnosti za sodobne tehnologije vodenja in v Centru odličnosti biotehnologija s farmacijo,
- sodelovanje v dveh CRP projektih Znanje za varnost in mir,
- sodelovanje v evropskih projektih : TEMPUS, COPERNICUS, SOCRATES ERASMUS, 5. in 6. okvirni program EU,
- bilateralna sodelovanja z Nemčijo, Anglijo, Avstrijo, Češko, Japonsko, Francijo, Argentino, Hrvaško in BIH,
- več kot 90 raziskovalno razvojnih projektov za domačo industrijo in 20 projektov z mednarodno udeležbo,
- tri monografije od katerih dve izdani od mednarodnih založb, 244 izvornih znanstvenih in strokovnih člankov v revijah in 870 objavljenih prispevkov na znanstvenih srečanjih,
- trije patenti,
- organizacija štirih mednarodnih strokovnih srečanj,
- zaključna dela: 57 doktoratov, 105 magisterijev, 17 specialističnih del in 892 diplom,
- izdaja 34 učbenikov in 24 študijskih materialov,
- sedem nagrad MVZT, od katerih je najpomembnejša Zoisova nagrada za vrhunske znanstvene dosežke na področju avtomatike prof. Dragu Matku,
- 38 drugih nagrad ( Prešernove, Bedjaničeve, najboljši študentski prispevki na strokovnih srečanjih, zmage na srečanjih ICAMES.. ), v zadnjem obdobju je zelo pomembna zmaga mladega raziskovalca Simona Oblaka na študentski olimpijadi v St. Petersburgu,
- popolna prenova prostorov v letu 2005.

Člani laboratorijev smo imeli tudi več vabljenih predavanj na mednarodnih in domačih srečanjih in na različnih znanstveno raziskovalnih institucijah, sodelujemo v različnih odborih znanstvenih publikacij, sodelovali smo pri uredništvu zbornikov in pri organizaciji in v odborih mednarodnih znanstvenih srečanj.

Smo tudi med ustanovitelji **Društva avtomatikov Slovenije ( DAS )** in **Slovenskega društva za simulacijo in modeliranje ( SLOSIM )**, ki mu od vsega začetka tudi predsedujemo. Društvo je član evropske federacije **EUROSIM**, ustanovljene 1989, ki združuje 13 zvez iz evropskih držav in skozi različna strokovna srečanja in druge akcije promovira modeliranje in simulacijo kot univerzalni pristop k reševanju najrazličnejših problemov. Združenje ima tudi svoji publikaciji in sicer SCI revijo **Simulation Modelling Practice and Theory (SIMPRO)**, ki jo izdaja založba Elsevier in **Newsletter/Journal Simulation News Europe (SNE)**. V obdobju 2004-2007 je združenju predsedoval prof. dr. Borut Zupančič, ki je močno izboljšal delovanja EUROSIM zveze, bil pa je tudi predsednik **6. kongresa EUROSIM**. To je bil v letu 2007 zagotovo najpomembnejši tovrstni dogodek v Evropi in tudi največji znanstveni dogodek doslej na Fakulteti za elektrotehniko v Ljubljani. Udeležilo se ga je 456 znanstvenikov iz 42 držav sveta, ki so predstavili 420 prispevkov. Kongres je tako dosegel lep uspeh tako v znanstvenem kakor tudi v družabnem smislu. V pripravi je tudi posebna številka revije SIMPRO z izborom najboljših člankov iz kongresa, pri čemer sta gostujoča urednika prof. dr. Borut Zupančič in prof. dr. Rihard Karba.