

SISTEMSKI PRISTUP MODERNIZACIJI STUDIJSKIH PROGRAMA MEHATRONIKE U PROCESU REAKREDITACIJE

Ivana Šenk¹, Vule Reljić², Srđan Savić³

^{1,2,3}Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija

¹ivanas@uns.ac.rs, ²vuketa90@uns.ac.rs, ³savics@uns.ac.rs

Kratak sadržaj: U ovom radu prikazan je proces pripreme za reakreditaciju studijskih programa mehatronike, na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, kroz njihovu modernizaciju. Svi koraci sistemskog pristupa pomenutom poslu detaljno su definisani i dati hronološkim redosledom. Potvrđena je uspešnost datog pristupa i definisano da se isti može primeniti i na druge studijske programe.

Ključne reči: mehatronika, reakreditacija

A SYSTEMATIC APPROACH TO MODERNIZING THE MECHATRONICS STUDY PROGRAMS IN THE REACCREDITATION PROCESS

Abstract: This paper presents the preparation process for reaccreditation of Mechatronics study programs at the Faculty of Technical Sciences in Novi Sad, undertaken through their systematic modernization. All stages of the applied systematic approach are comprehensively defined and presented in chronological order. The effectiveness of the proposed approach has been validated, and it has been established that it can be successfully applied to other study programs as well.

Key Words: mechatronics, reaccreditation

1. UVOD

Misija visokog obrazovanja jeste da kroz nastavno-naučni rad, tj. organizovanje i izvođenje studija i naučno-istraživačkog rada, u kontinuitetu omogućava transfer znanja i kreiranje naučnih i stručnih kompetencija u cilju stalnog napretka zemlje i stabilnog razvoja društva u celini [1]. Da bi neka ustanova mogla da obavlja proces visokog obrazovanja, potrebno je da od nadležnog ministarstva dobije dozvolu za rad. U postupku izdavanja dozvole za rad u Republici Srbiji, Nacionalno telo za akreditaciju i obezbeđenje kvaliteta u visokom obrazovanju (NAT) [2] sprovodi početnu akreditaciju kojom se utvrđuje da visokoškolska ustanova i studijski programi koji se na istoj izvode ispunjavaju propisane standarde. U Republici Srbiji, pomenute standarde definiše Nacionalni savet za visoko obrazovanje (NSVO) [3]. Postupak reakreditacije sprovodi se redovno, u roku od sedam godina.

Na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, između ostalih, redovno se akredituju i studijski programi mehatronike [4], svih nivoa studija [5-7]. Mehatronika je interdisciplinarni studijski program koji predstavlja sintezu elektrotehnike, mašinstva, računarstva i automatskog upravljanja. Prvi put je akreditovan 2002. godine kroz integrisane studije pre uvođenja Bolonjskog procesa, a 2008. podeljen na osnovne (OAS) i master akademske studije (MAS). Za OAS inicijalno je definisano 60 mesta za upis, a 2014. godine kvota je povećana na 90 [5]. Predviđeni broj studenata za MAS inicijalno je bio 35, zatim je 2013. godine smanjen na 32, a onda 2014. povećan na 64 [6]. Doktorske akademske studije (DAS) mehatronike takođe su akreditovane 2008. godine, a predviđen broj studenata bio je 16. Nakon toga, 2013. godine broj je smanjen na 6 a 2020. godine povećan na 15 [7].

Prvobitna struktura studijskih programa mehatronike, definisana u postpuku akreditacije 2008. godine, održala se praktično sve vreme jer su tokom procesa reakreditacije 2013. i 2020. godine promene bile neznatne. Formirano je nekoliko izbornih pozicija kako bi se dodali predmeti iz oblasti energetske elektronike, mašina, pogona i obnovljivih izvora energije, kao i inženjerstva informacionih sistema, koje do tada nisu bile zastupljene. Usled ubrzanog razvoja tehnike i tehnologije [8], [9] koji je u prethodnom periodu delimično kompenzovan ažuriranjem sadržaja postojećih predmeta i uvođenjem pomenutih izbornih pozicija, uočena je potreba za izvesnom rekonstrukcijom struktura studijskih programa mehatronike. Dakle, bilo je potrebno prevazići raskorak koji se javio između akreditovanih programa i suštinskih potreba studenata i tržišta rada. U tom cilju, izvršeno je usklađivanje struktura OAS i MAS, na način da OAS ostane zasnovan na izučavanju fundamentalnih i osnovnih stručnih predmeta a da MAS bude zasnovan na naprednijim i uže specijalizovanim stručnim predmetima, potrebnim inženjeru razvoja, projektantu ili istraživaču. Dodatno, rekonstruisane su i DAS mehatronike na način da su na već postojeće izborne pozicije dodati novi predmeti iz savremenih oblasti koje ranije nisu bile zastupljene.

U skladu sa navedenim, cilj izrade ovog rada jeste da se prikaže sistemski organizovan proces modernizacije studijskih programa Mehatronike svih nivoa studija kroz proces pripreme za reakreditaciju, s posebnim osvrtom na metodologiju, participativan pristup kroz uključivanje različitih aktera tokom procesa i postignute rezultate. Rad je organizovan na sledeći način: u odeljku 2 dat je pregled postojećeg stanja studijskih programa mehatronike svih nivoa

studija a zatim je, u odeljku 3, detaljno definisana metodologija procesa pripreme za rekreditacije, na način da su hronološki prikazani svi koraci koje je trebalo proći radi uspešnog završetka posla. U nastavku rada, u odeljku 4, dati su ključni izazovi koje je bilo potrebno savladati, a nakon toga, u odeljku 5 prikazani su najvažniji rezultati. Na samom kraju rada, u odeljku 6, izvedeni su najvažniji zaključci.

2. OKVIR I POLAZNO STANJE

Prema važećoj akreditaciji, struktura OAS mehatronike je takva da studije traju četiri godine i da je moguće ostvariti između 240 i 245 ESPB. Ukupan broj predmeta je 44 i organizovani su kroz grupe predmete iz osnovnih disciplina u tehnici (matematika, fizika, mehanika itd.), mašinstva (mašinski materijali, mašinski elementi, itd.), elektrotehnike i elektronike (osnovi elektrotehnike, analogna elektronika, digitalna elektronika, a itd.), automatskog upravljanja (sistemi automatskog upravljanja, modeliranje i simulacija sistema itd.), računarstva i programiranja (osnove računarstva, programiranje i programski jezici itd.) i grupe uskostručnih predmeta iz oblasti mehatronike (automatizacija procesa rada, industrijska robotika itd.). Predmeti takođe obuhvataju stručnu praksu i završni, diplomski rad. Ukupno je 11 izbornih pozicija, pri čemu je jedna pozicija na drugoj, a tri pozicije na trećoj godini studija. Preostale izborne pozicije se odnose na četvrtu godinu studija i definisane su izborom jedne od dve studijske grupe: Mehatronika, robotika i automatizacija i Mehatronika u mehanizaciji. U okviru prve grupe akcenat je stavljen na primenu mehatronike u robotici i automatizaciji (automatizacija procesa rada, programiranje i promena programibilnih logičkih kontrolera, industrijska i neindustrijska robotika, sistemi za nadgledanje i vizuelizaciju procesa, itd.). U okviru druge grupe akcenat je stavljen na primenu mehatronike u savremenoj mehanizaciji i motornim vozilima (mehatronika motornih vozila, motori sa unutrašnjim sagorevanjem, mehatronika građevinskih mašina, itd.). Prosečan broj časova po semestru je 27,81.

Struktura MAS mehatronike je takva da studije traju jednu godinu i da je moguće ostvariti između 60 i 62 ESPB. Ukupan broj predmeta je 11, pri čemu je osam izbornih pozicija koje su definisane izborom iste dve studijske grupe kao i na OAS. Pored ovih predmeta, studenti su obavezni da urade stručnu praksu i izrade i odbrane završni, master rad. Prosečan broj časova po semestru je 22,50.

Struktura DAS mehatronike je takva da studije traju tri godine i da je moguće ostvariti 180 ESPB. Ukupan broj predmeta je 14 pri čemu je ukupno šest izbornih pozicija. Obavezni predmeti su metod naučnog rada i predmeti koji se vezuju za istraživanja, pripremu, izradu i odbranu doktorske disertacije.

Zahvaljujući dugogodišnjem prikupljanju i analizi povratnih informacija dobijenim od strane svršenih i sadašnjih studenata mehatronike uočeno je da u postojećim strukturama studijskih programa postoji nekoliko problema:

- delimično preklapanje sadržaja na pojedinima predmetima u okviru OAS mehatronika (npr. merenja električnih veličina vrše se na laboratorijskim vežbama iz fizike, osnova elektrotehnike i merenja u tehnici);
- neadekvatan redosled pojedinih predmeta (npr. primena senzora i aktuatora se sluša nakon što studenti u okviru mehatronike naprave mobilnog, autonomnog robota);
- nedovoljna diferenciranost osnovnih i master studija po nivou kompleksnosti (npr. digitalna upravljačka elektronika spada u grupu oblasti koje treba da prethode mobilnoj robotici);
- nedovoljna zastupljenost savremenih oblasti poput veštačke inteligencije (engl. Artificial Intelligence - AI), mašinskog učenja (engl. Machine Learning - ML), interneta stvari (engl. Internet Of Things - IoT), industrije 4.0/5.0, itd.

3. METODOLOGIJA PROCESA PRIPREME ZA REAKREDITACIJU

Budući da su u prethodnom akreditacionom periodu uočeni prethodno navedeni nedostaci, u junu 2023. godine formirana je i počela sa radom radna grupa za modernizaciju studijskih programa mehatronike. Grupa je sačinjena od nastavnika sa Katedre za mehatroniku, robotiku i automatizaciju i bila je zadužena da sistemski analizira i predloži pravac modernizacije studijskih programa mehatronike. U inicijalnoj fazi, razmatrana su suštinska pitanja u vezi sa znanjima i kompetencijama koje svršeni studenti OAS i MAS treba da poseduju (orijentisanost ka industriji ili istraživanju, potencijalno usmeravanje ka automobilskoj industriji, mogućnost usmerenja u okviru MAS, itd.). Razlike između ta dva nivoa delimično se ogledaju u profilima i kompetencijama inženjera održavanja i projekatnata sistema. Takođe, trenutno stanje studijskih programa mehatronike i potencijalni pravci razvoja poređeni su sa kvalitetnim sličnim studijskim programima iz inostranstva, kao jedna dimenzija za analizu kvaliteta postojećih studijskih programa.

Uzimajući u obzir to da je studijski program izrazito interdisciplinaran i da u njemu učestvuju predmeti iz više užih naučnih oblasti, svi predmeti su grupisani po prethodno definisanim kategorijama. Članovi radne grupe detaljno su analizirali postojeće stanje strukture programa i sadržaja predmeta na OAS i MAS mehatronike. Posebno, svaki nastavnik je za kategoriju predmeta koja mu je najbliža po oblasti zapisao konkretne komentare sa predlozima za unapređenje. U ovoj fazi predložene su i nove oblasti ili teme koje bi trebalo da se nađu u novoj strukturi studijskog programa.

U sledećoj fazi bilo je neophodno utvrditi stvarno stanje sadržaja predmeta, koji je na nekim predmetima, zbog intenzivnog razvoja oblasti, tokom godina značajno odstupio od sadržaja navedenog pri prethodnoj akreditaciji studijskih programa. U cilju sagledavanja realnog stanja, kontaktirani su svi nastavnici koji učestvuju u izvođenju studijskih programa mehatronike, sa molbom da popune dokument, u kom je bilo potrebno navesti po nedeljama kratak opis nastavnih jedinica koje se obrađuju na predavanjima i vežbama tokom semestra. Veliki broj nastavnika se odazvao ovoj molbi, te je prikupljen značajan materijal, koji je podeljen po prethodno definisanim kategorijama

predmeta. U okviru svake oblasti vršena je provera poklapanja akreditovanih opisa sadržaja predmeta i realizacije, a zatim analiza i identifikacija preklapanja sadržaja različitih predmeta, zastarelih sadržaja, nedostajućih kompetencija studenata i potrebe za uvođenjem novih sadržaja ili predmeta. Tamo gde su pronađena preklapanja, predloženo je redukovanje broja časova, izmena sadržaja predmeta ili prelazak na izbornu poziciju.

Nakon što su svi predmeti inicijalno analizirani od strane nastavnika u radnoj grupi, sprovedena su detaljna anketiranja sadašnjih i najboljih diplomiranih studenata, kao i alumnija koji već neko vreme rade u oblasti mehatronike. Ovim analizama identifikovani su suštinski nedostaci studijskog programa: preklapanja i ponavljanja tema kroz predmete, teme koje nisu dovoljno relevantne za studente mehatronike, kao i teme koje su nastale i dinamično se razvijaju u prethodnim godinama, a za sada nisu obrađene u okviru postojećih predmeta ili su obrađene u nedovoljnom obimu.

Uporedo je vršena i analiza konzistentnosti programa, tj. adekvatnosti redosleda predmeta u smislu definisanih preduslova za slušanje određenih predmeta i potrebnih predznanja, budući da su u prethodnom akreditacionom periodu primećene određene nedoslednosti u rasporedu predmeta po semestrima i godinama. Kako bi se ovi nedostaci otklonili, bilo je neophodno izvršiti više izmena u postojećim izbornim pozicijama, tako da se predmeti iz svih kategorija logički nastavljaju jedni na druge i prate prethodna znanja, imajući pritom u vidu i kompatibilnost predmeta unutar izbornih pozicija sa dugoročnim stvarnim potrebama studenata, kao i kompatibilnost po obimu časova i ESPB.

Nakon formiranja inicijalnog predloga strukture studijskih programa mehatronike, ponovo su kontaktirani svi nastavnici koji učestvuju u studijskom programu u cilju upoznavanja sa izmenama na studijskom programu, a posebno na predmetima u kojima učestvuju, kao i diskusije o predloženim izmenama. U svetlu novih argumenata koje su izneli predmetni nastavnici, vršene su dodatne izmene i podešavanja strukture studijskog programa.

Konačna faza procesa uključivala je finalnu pripremu za zvaničnu akreditaciju studijskog programa, u kojoj je bilo neophodno vršiti dodatna podešavanja strukture studijskih programa i sadržaja predmeta, kako bi se ispoštovali svi formalni zahtevi standarda za akreditaciju i institucionalne preporuke Fakulteta tehničkih nauka. Što se tiče strukture studijskih programa, u ovoj fazi najviše pažnje je posvećeno optimizaciji broja časova po semestrima, odnosno ukupno po studijskom programu.

4. KLJUČNI IZAZOVI

Ključni izazovi u procesu modernizacije studijskih programa mehatronike potiču iz dve grupe razloga.

Suštinski razlozi uključuju potrebe studenata za širokim, a dovoljno dubokim znanjem iz svih kategorija predmeta koje čine interdisciplinarnu oblast mehatronike. Budući da inženjeri mehatronike treba da imaju kvalitetnu osnovu iz raznorodnih užih naučnih oblasti, od kojih se za svaku može reći da je i fundamentalna za znanje svršenih inženjera mehatronike, veoma je važno pronaći balans između širine i dubine znanja, što je direktno povezano i sa brojem predmeta i opterećenjem studenata u okviru predmeta za svaku naučnu oblast koja učestvuje u studijskom programu. Upravo zbog toga, veoma je teško doneti odluku o smanjivanju obima bilo kog predmeta, a posebno o potpunom ukidanju pojedinih predmeta. Sa druge strane, ne može se očekivati da studenti mehatronike imaju podjednaka znanja iz svih oblasti kao i studenti kojima je to matična oblast, te je bilo neophodno izvršiti optimizaciju predmeta po svim kategorijama. Dodatno, mehatronika je oblast koja se intenzivno razvila u prethodnom periodu, te je bilo neophodno uvesti i dodatne predmete kako bi se obradile i teme koje su danas u fokusu mehatroničkih, robotskih i automatizovanih sistema, pre svega dublje znanje iz oblasti AI i ML, ali i uže stručnih oblasti poput pametnih industrijskih sistema, IoT tehnologija, sistema proširene i virtuelne realnosti itd.

Formalni razlozi uključuju poštovanje svih formalnih okvira akreditacije, u pogledu broja izbornih predmeta, broja teorijsko-metodoloških ili stručno-aplikativnih predmeta, a posebno maksimalnog broja časova po semestru, odnosno studijama, čemu dodatno doprinose i suštinski razlozi koji su gore nabrojani, kao i ograničenja u pogledu dozvoljenog opterećenja nastavnika i saradnika, prostora za izvođenje nastave itd.

Suštinske izmene ovih studijskih programa koje su predložene u inicijalnoj fazi kao željeno stanje u cilju kvaliteta stečenog znanja studenata dovele su čak do povećanja broja časova na 28,06 na OAS, uz isti broj časova na MAS. Prateći akreditacione standarde i institucionalne smernice Fakulteta tehničkih nauka, u finalnoj strukturi studijskih programa mehatronike ti brojevi su morali biti smanjeni na prosek od ispod 26 časova po semestru na OAS, odnosno ispod 24 časa na MAS. Kako bi se ovo postiglo, morali su biti izvršene značajne redukcije i kompromisi između različitih kategorija predmeta, odnosno naučnih oblasti.

5. REZULTATI PROCESA PRIPREME ZA REAKREDITACIJU

Studijski program MAS mehatronike u potpunosti je redizajniran. Umesto dosadašnje strukture sa dva izborna predmeta po izornoj poziciji, u novoj strukturi studijskog programa na svakoj izornoj poziciji studentima je ponuđen izbor između tri opcije. Na taj način, kroz odabir predmeta iz svih izbornih pozicija, studentima je omogućeno da isprate logičan sled predmeta koji vodi ka jednom od tri jasno profilisana pravca. Prvi pravac usmeren je ka sticanju stručno-aplikativnih kompetencija potrebnih za industrijsku praksu i rad u privredi iz oblasti robotike i automatizacije. Drugi pravac obuhvata više istraživački orijentisanih predmeta, koji mogu biti dobra osnova za dalji naučno-istraživački rad ili za individualizaciju u vidu startup preduzetništva iz iste oblasti, dok treći pravac ostaje, kao i do sada, orijentisan ka mehatronici u mehanizaciji. Na ovaj način, otvorena je mogućnost da se studentima ponudi veći broj izbornih predmeta, čime se pokrivaju različite napredne teme iz oblasti mehatronike, robotike i automatizacije,

omogućavajući studentima da prate različite savremene trendove spram svojih sklonosti i interesovanja.

Prilikom restrukturiranja studijskog programa MAS mehatronike, primećeno je da određeni predmeti sa postojećih MAS po svom sadržaju više odgovaraju nivou OAS, dok određeni predmeti sa postojećih OAS po obimu i složenosti više odgovaraju nivou MAS, te je izvršena preraspodela ovih predmeta na odgovarajuće nivoe studija.

OAS su takođe značajno restrukturirane. Identifikovan je nedostatak jednog fundamentalnog predmeta iz oblasti projektovanja mehatroničkih sklopova, koji bi predstavljao osnovu za integraciju znanja iz različitih podoblasti u mehatroničke sisteme. Takođe, u okviru znanja iz matematike, uočen je nedostatak tema iz verovatnoće i statistike, koje su u današnje vreme ključne za razumevanje savremenih modela AI i ML, te je taj predmet takođe dodat. Pojedini predmeti su rasformirani i formirani novi, kako bi se logičnije povezale teme koje su se obrađivale iz postojećih predmeta. Budući da je bilo neophodno izvršiti racionalizaciju broja predmeta, izvršena je optimizacija predmeta po svim oblastima. Predmeti za koje je utvrđeno da nisu neophodni svakom inženjeru mehatronike su prebačeni u status izbornog predmeta, i adekvatno grupisani u izborne pozicije. Pojedini predmeti iz postojećih izbornih pozicija su pregrupisani, kako bi se postigao logički sled i studentima ponudila suštinska izbornost.

Kao rezultat procesa modernizacije studijskih programa mehatronike, ostvarena je jasna i funkcionalna diferencijacija između OAS i MAS. Obezbeđeno je da svaki nivo studija ima prepoznatljive kompetencije i ishode učenja, usklađene sa savremenim zahtevima industrijske prakse, naučno-istraživačkog rada i razvoja novih tehnologija.

6. ZAKLJUČAK

Kroz proces reakreditacije pokazano je da strukturiran pristup kroz više faza omogućava sveobuhvatno sagledavanje i evaluaciju studijskog programa kao celine, njegovih užih oblasti i pojedinačnih predmeta kroz više komplementarnih perspektiva, pri čemu su razmatrane različite dimenzije kvaliteta, uključujući sadržaj predmeta, sledljivost znanja, ishode učenja i usklađenost sa savremenim zahtevima struke i akreditacionim standardima. Paralelno, potvrđen je značaj uključivanja širokog spektra aktera, od nastavnika, saradnika, sadašnjih, nedavno diplomiranih studenata i alumnija, koji je doprineo formiranju realnije procene postojećeg stanja, identifikaciji suštinskih nedostataka studijskog programa, i boljem usklađivanju ishoda učenja sa stvarnim potrebama prakse i daljeg akademskog razvoja. Na ovaj način, sve odluke o izmenama studijskih programa se zasnivaju na realnom unapređenju kvaliteta, umesto na parcijalnim ili izolovanim intervencijama, pri čemu je čitav proces transparentan prema svim učesnicima u studijskom programu. Na osnovu svega navedenog, zaključuje se da je primena ovog pristupa i na druge studijske programe i više nego opravdana.

ZAHVALNICA

Ovo istraživanje je podržano od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija (br. ugovora: 451-03-137/2025-03/200156) i Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu kroz projekat „Naučnoistraživački i umetničkoistraživački rad istraživača u nastavnim i saradničkim zvanjima Fakulteta tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu 2025“ (br. 01-50/295).

7. LITERATURA

- [1] Internet stranica - Ministarstvo prosvete, *Visoko obrazovanje*, <https://prosveta.gov.rs/prosveta/visoko-obrazovanje/> (pristupljeno dana 7. 2. 2026. godine)
- [2] Internet stranica - Nacionalno telo za akreditaciju i obezbeđenje kvaliteta u visokom obrazovanju (NAT), <https://www.nat.rs/> (pristupljeno dana 7. 2. 2026. godine)
- [3] Internet stranica - Nacionalni savet za visoko obrazovanje (NSVO), <http://nsvo.gov.rs/> (pristupljeno dana 7. 2. 2026. godine)
- [4] Fumio Harashima, Masayoshi Tomizuka, Toshio Fukuda, *Mechatronics - "What Is It, Why, and How?" An editorial*, "IEEE/ASME Transactions on Mechatronics", vol. 1, no. 1, pp. 1-4, March 1996, doi: 10.1109/TMECH.1996.7827930.
- [5] Internet stranica - Osnovne akademske studije Mehatronike na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, <https://ftn.uns.ac.rs/akreditacija-2020/H00/1/1/mehatronika> (pristupljeno dana 7. 2. 2026. godine)
- [6] Internet stranica - Master akademske studije Mehatronike na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, <https://ftn.uns.ac.rs/akreditacija-2020/H00/1/2/mehatronika> (pristupljeno dana 7. 2. 2026. godine)
- [7] Internet stranica - Doktorske akademske studije Mehatronike na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, <https://ftn.uns.ac.rs/akreditacija-2020/H00/1/3/mehatronika> (pristupljeno dana 7. 2. 2026. godine)
- [8] Henning Kagermann; Wolf-Dieter Lukas; Wolfgang Wahlster, "Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution." [Online]. Available: https://www.dfki.de/fileadmin/user_upload/DFKI/Medien/News_Media/Presse/Presse-Highlights/vdinach2011a13-ind4.0-Internet-Dinge.pdf, Accessed: Feb. 7, 2026.
- [9] Henning Kagermann, Wolfgang Wahlster, *Ten Years of Industrie 4.0*, Sci. 2022; 4(3):26. <https://doi.org/10.3390/sci4030026>