

UČENJE KROZ PRAKTIČAN RAD: USVAJANJE SENZORSKIH TEHNOLOGIJA U OBRAZOVANJU

Milica Kisić¹, Mirjana Damjanović², Bojana Vasić³

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

¹mkiscic@uns.ac.rs, ²mirad@uns.ac.rs, ³bojanavasic999@gmail.com

Kratak sadržaj: Prilagođavanje načina sticanja znanja obrazovnom profilu i uvođenje inovativnih metoda u nastavi je važno pitanje u domenu obrazovanja. Učenje kroz praktičan rad i izradu projekata može da doprinese poboljšanom metodološkom pristupu u nastavi i podstakne razvoj različitih vještina u učenju kod studenata. U ovom radu je prikazan proces primene senzorskih tehnologija u nastavi u naučno-stručnoj oblasti elektrotehničko i računarsko inženjerstvo na Fakultetu tehničkih nauka, Univerziteta u Novom Sadu. Sticanje znanja kroz primenu senzorskih tehnologija je prikazano na praktičnim primerima na svim nivoima studija (osnovnim, master i doktorskim), za izradu završnih diplomskih radova, kao i u okviru vannastavnih aktivnosti studenata kroz dodatni naučno-istraživački rad. Upotreba prikazanih tipova senzora nije ograničena na navedene oblasti primene, pa studenti kroz originalne i individualne ideje i kreativne primene mogu unaprediti sopstvena istraživanja i produktivnost.

Ključne reči: praktičan rad/senzorske tehnologije/primena senzora

LEARNING THROUGH PRACTICAL WORK: ADOPTION OF SENSOR TECHNOLOGIES IN EDUCATION

Abstract: Adapting the way of acquiring knowledge to the educational profile and introducing innovative methods of teaching is an important issue in the field of education. Learning through practical work and creating projects can contribute to an improved methodological approach to teaching and encourage the development of various learning skills of students. This paper presents the process of application of sensor technologies in teaching in the scientific and professional field of electrical and computer engineering at the Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad. The acquisition of knowledge through the application of sensor technologies is shown in practical examples at all levels of study (basic, master's, and doctoral), for the preparation of final diploma theses, as well as within extracurricular activities of students through additional scientific and research work. The use of the presented types of sensors is not limited to the specified areas of application, so students can improve their own research and productivity through original and individual ideas and creative applications.

Key Words: practical work/sensor technologies/application of sensors

1. UVOD

Jedan od najefikasnijih načina za sticanje novih znanja je primenom metoda učenja koje su usmerene na usvajanje praktičnih znanja, naročito ako su prilagođene promenama i trendovima u savremenom društvu [1, 2]. Jedan od najvećih umova u istoriji sveta Albert Ajnštajn je rekao: „Ne možemo rešiti probleme na isti način na koji smo ih stvorili. Mašta je važnija od znanja”. Stoga, moramo izaći iz okvira našeg standardnog pristupa u obrazovanju, postavljati nove izazove, probleme iz realnog okruženja, uključiti veći broj kreativnih mogućnosti i pristupa za rešavanje istih.

Sa sve većim tehnološkim napretkom, digitalizacija olakšava i poboljšava način na koji živimo i radimo, a u osnovi digitalne tehnologije se nalaze senzori i senzorski sistemi [3]. Da bi se u nastavu uvela primena senzorskih tehnologija i učenje kroz praktičan rad studenata, potrebno je imati i adekvatnu opremu, tehnološke procese i prostor. Na Katedri za elektroniku, Departmana za energetiku, elektroniku i telekomunikacije, Fakulteta tehničkih nauka, Univerziteta u Novom Sadu je osnovano više laboratorija. Laboratorije su opremljene savremenim uređajima i opremom koja se koristi u nastavi, za naučno-istraživački rada, ali i saradnju sa privredom. Jedna od laboratorija je Laboratorija za mikroelektroniku, elektrotehničke materijale i CAD. Navedena laboratorija predstavlja jednu od najopremljenijih laboratorija na Balkanu i omogućava sticanje širokog spektra znanja iz oblasti mikroelektronike, uključujući znanja iz oblasti tradicionalnih, ali i savremenih senzorskih tehnologija.

Jedan od primera primene senzorskih tehnologija u nastavi je u okviru predmeta Tehnologija izrade senzora na Katedri za elektroniku. Ovaj kurs je uveden u nastavni program od školske 2020/21. godine na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, na master akademskim studijama (MAS) Energetika, elektronika i telekomunikacije, smer Mikroročunarska elektronika, na studijskoj grupi Mikro i nano elektronika. Deo nastave na predmetu se odvija kroz samostalni istraživački rad, projektovanje i praktičnu primenu senzora.

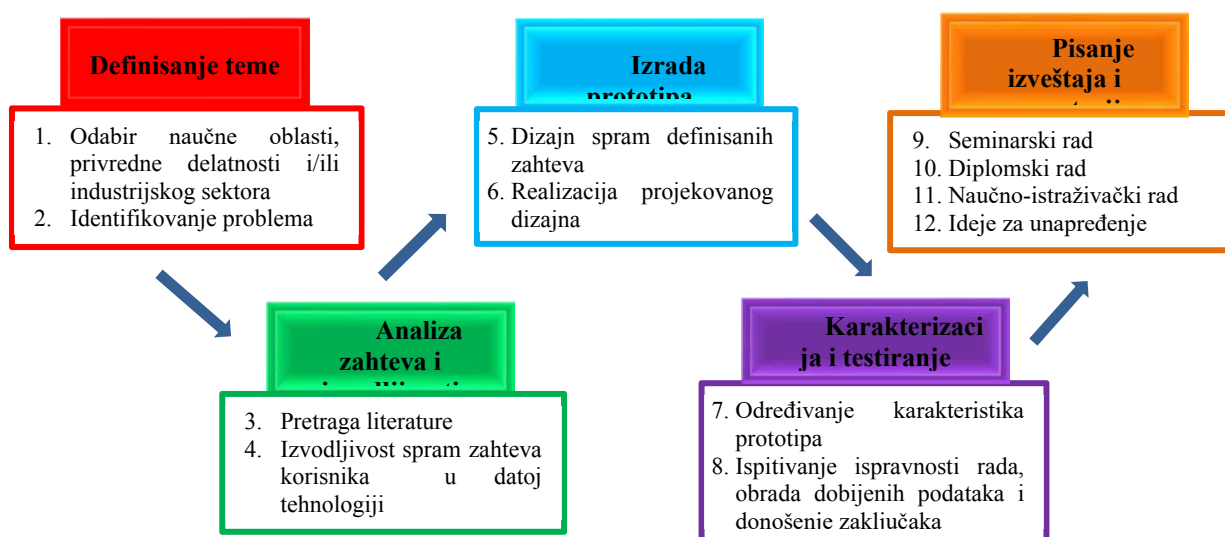
Senzorske tehnologije se primenjuju i na nivou doktorskih akademskih studija. Studenti na 2 godini doktorskih studija u zimskom semestru na studijskom programu Energetika, elektronika i telekomunikacije imaju mogućnost

izbora predmeta Mikrosenzori i MEMS. Studenti na ovom predmetu pored pripreme pregleda naučnih radova iz odabrane oblasti su u obavezi da pokažu svoj naučno-istraživački rad kroz praktičan rad, odnosno kroz fabrikaciju, simulaciju i karakterizaciju zadate teme.

2. FAZE U PRAKTIČNOM RADU I PRIMENI SENZORSKIH TEHNOLOGIJA

Senzori i merni sistemi mogu biti projektovani tako da mere različite parametre i procese: fizičke, hemijske i druge, a mogu biti i izrađeni u različitim tehnologijama i imati različite karakteristike. Shodno tome, realizovani senzori mogu imati širok spektar primene i koristiti se u različitim granama industrije, poljoprivredi, zaštiti životne sredine ili medicini idrugim oblastima. Na taj način, deo nastave obuhvata i izvođenje sopstvenih eksperimenata, obradu podataka i donošenje odluka i procenu napretka tokom rada.

Učenje zasnovano na projektima obuhvata angažovanje studenata od početne tačke identifikovanja problema, do finalne izrade i testiranja prototipa. Ceo tok izrade projekta je prikazan na slici 1.



Slika 1. Tok izrade projekta

Jedna od ključnih faza u izradi projekta je izrada prototipa. U ovoj fazi je često kvantitet bolji od kvaliteta. U ovom koraku studenti mogu da pokažu i/ili razviju svoju kreativnost. Nobelovac Linus Pauling je rekao: „Najbolji način da imate dobru ideju je da imate puno ideja“. Često se iz mnoštva ideja koje studenti imaju, nakon konsultacija i diskusija sa mentorima/profesorima, uz određene modifikacije i dopunjavanjem, dolazi da najboljih idejnih rešenja.

U koraku Realizacija projekovanog dizajna, studenti svoje ideje pokušavaju da pretoče u dela. Međutim, na tom putu često se pokaže da rečima opisano nije često izvodljivo. Prototipovi treba da potvrde teorijske osnove, ali često otkrivaju nepredviđene izazove u odabranoj senzorskoj tehnologiji. Najbolje o tome govore mnogi pronalasci koji su neočekivano otkriveni. Čuveni Tomas Edison je rekao: „Nisam doživeo neuspeh. Upravo sam pronašao 10.000 načina koji neće uspeti“. Pri testiranju često ne pomažu teorijska znanja pa studenti moraju sami da procene da li je i na koji način potrebno doći do uspeha predložene ideje. Na ovaj način testiranje uključuje studente u procese kritičkog razmišljanja.

3. OCENJIVANJE PRAKTIČNOG RADA

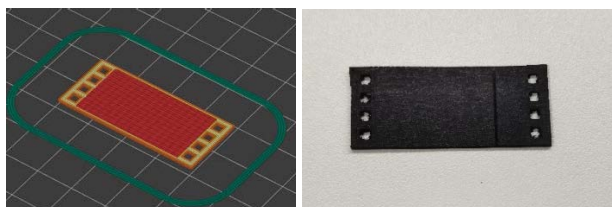
Ocenjivanje učenja kroz praktičan rad na projektu i projektnim postignućima se mora raditi iz više aspekata. Cilj rada na projektu je sticanje novih znanja, ali i načina inoviranja, primene i na kraju promovisanja svojih rezultata. Način ocenjivanja je prikazan u tabeli 1.

Tabela 1. Način ocenjivanja praktičnog rada

Naziv projekta					
Sadržaj projekta	Odličan	Dobar	Prolazan	Nezadovoljavajući	Procenat (%)
Teorijske osnove					30
Praktičan rad					30
Inovativnost/kreativnost					20
Izveštaj					10
Prezentacija					10

4. PRIMERI PRAKTIČNE PRIMENE SENZORSKIH TEHNOLOGIJA

Kao što je u uvodnom delu rada navedeno, senzorske tehnologije se primenjuju u nastavi u okviru predmeta Tehnologija izrade senzora. Na primer, u toku jednog kursa, studenti su se upoznali sa aktuelnom aditivnom 3D tehnologijom. Nakon savladavanja osnova rada u toj tehnologiji, studenti su imali zadatak da dizajniraju, fabrikuju i testiraju otpornički fleksibilni senzor. Na slici 2 je prikazan dizajn i fabrikovani senzor, a na slici 3 testiranje senzora pri savijanju. Jedna od primena senzora koju su studenti radili je u oblasti biomedicine za detektovanje savijanja bioničkog kolena.

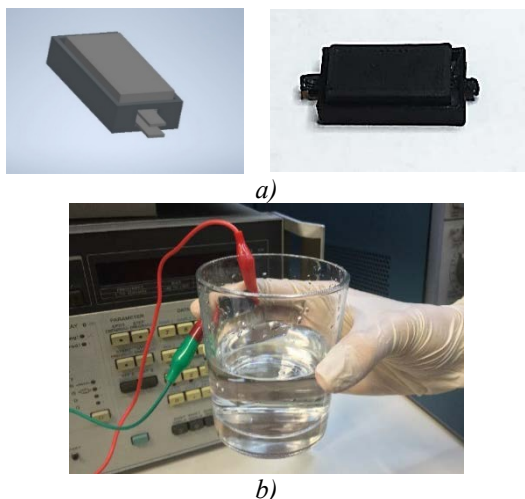


Slika 2. Dizajn i fabrikovani rezistivni senzor

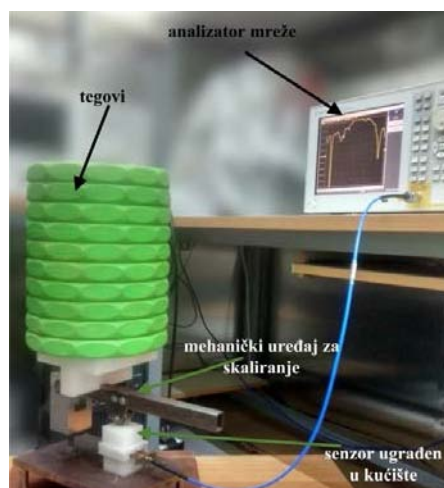


Slika 3. Fotografija fabrikovanog savijenog senzora pri testiranju

Primer primene senzorskih tehnologija je i u okviru Naučne sekcije smera Biomedicinsko inženjerstvo na Fakultetu tehničkih nauka. Navedena sekcija je organizacija koja nastoji da uključi studente u praktičan vannastavni rad i u proces pisanja naučnoistraživačkih radova. Princip po kom Sekcija radi je da studenti šalju Sekciji prijave sa oblastima zainteresovanosti, a nakon toga ih Sekcija spaja sa mentorima na osnovu njihove stručne oblasti. Dve studentkinje na 2. i 3. godini osnovnih akademskih studija smera Biomedicinsko inženjerstvo su pokazale zainteresovanost za oblast senzorskih tehnologija. Studentinje su odabrale temu, ispitale trenutno stanje u izabranoj oblasti, odradile fabrikaciju i testiranje senzora. Iako je reč o mladim studentkinjama, one su pokazale dobre veštine u prezentovanju svog rada pred širim stručnim auditorijumom, jer su rezultati rada publikovani i prezentovani na međunarodnoj naučnoj konferenciji [4]. Na slici 4 je prikazan dizajn, fabrikovani senzor i njegovo testiranje pri merenju pomeraja/sile koji može biti primenjen u robotici za detektovanje hvatanja objekta. Senzor je kapacitivnog tipa i realizovan je u aditivnoj 3D tehnologiji.



Slika 4. a) Dizajn i fabrikovani senzor, b) fotografija fabrikovanog senzora postavljenog na rukavici pri testiranju hvatanja čaše kao objekta



Slika 5. Fotografija merne postavke pri karakterizaciji senzora sile

Jedan od primera primene senzorskih tehnologija na nivou doktorskih studija je senzor sile za detektovanje zauzetosti sedišta u automobilskoj industriji. Rezultati ovoga rada su objavljeni u časopisu sa SCI liste i predstavljali su osnovu za izradu doktorske disertacije [5]. Bežični induktivni senzor za merenje sile je projektovan i fabrikovano u heterogenoj tehnologiji izrade (korišćenjem različitih tehnologija: štampanih ploča PCB i nisko-temperaturne zajedno počene keramike LTCC). Na slici 5 je prikazana fotografija testiranja senzora pri delovanju opterećenja.

Sve veće prodiranje digitalne tehnologije je i u oblasti poljoprivrede, gde je jedna od osnovnih i nezaobilaznih komponenti senzor vlažnosti. Jedna od naših studentkinja na master akademskim studijima na studijskoj grupi Mikro i nano elektronika je prepoznala značaj, aktuelnost i atraktivnost te oblasti i odabrala temu diplomskog - master rada iz oblasti projektovanja i izrade senzora vlažnosti zemljišta. Na slici 6 je prikazan praktičan rad studentkinje u laboratoriji i testiranje projektovanog senzora za različite vlažnosti zemlje.



a)



b)

Slika 6. a) Priprema zemlje sa različitim procentom vlažnosti i b) testiranje razvijenog senzora

5. ZAKLJUČAK

U ovom radu je opisan proces sticanja novih znanja na putu koji vodi od teorije do praktične primene senzorskih tehnologija. Uvođenjem praktične primene inovativnih senzorskih tehnologija u nastavu, razvijen je novi način za sticanjem, ali i procenu znanja svakog studenta pojedinačno.

Praktičnim primenama iz realnog okruženja studenti mogu da na zanimljiviji način steknu i usavrše svoje znanje i bolje razumeju put stvaranja nove generacije senzora. Kroz izradu plana, novih idejnih rešenja, istraživačkih aktivnosti, eksperimentnog rada, obradu podataka, donošenja sopstvenih zaključaka, pisanje izveštaja i prezentacije doprinosi se povećanoj zainteresovanosti za sticanje novih znanja, proširenja stvaralačke svesti i inovativnog razmišljanja. Pored toga, kroz individualni rad studenti izgrađuju sposobnosti procene sopstvenog rada i daljeg napretka. Rad na projektima povećava motivisanost studenata, usredsređuje ih oko centralnog pitanja ili problema, a često su znanja i odgovori dobijeni izvan okvira onoga što nastavno osoblje traži od njih. Obrazovna vrednost rada kroz projekte je povećana autonomija studenata i obuhvatanje interdisciplinarnog znanja. Kroz rad u malim timovima na projektima, povećava se timski duh.

Rešavanjem zadatih projekata i prevazilaženjem prepreka na koje nailaze na tom putu, studenti se na određeni način pripremaju i za prihvatanje različitih izazova i rada u industriji jer su na trenutnom tržištu karijere zaposlenih obeležene radom na nizu projekata.

Inovacije su pokretačka snaga društvenog razvoja i neophodan kvalitet mladih ljudi. Sticanjem znanja u tehnologijama koje prate stanje na tržištu, studenti stiču i razvijaju kompetencije za dalje obrazovanje ili profesionalni razvoj. Kroz rešavanje problema iz realnog okruženja i primenom inovativnih tehnologija, studenti su podstaknuti da kreativno razmišljaju, i na određeni način povećavaju svoju preduzetničku svest jer iz projekata mogu da proisteknu i potencijalne preduzetničke ideje.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je finansiran od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije: "Inovativna naučna i umetnička ispitivanja iz domena delatnosti FTN-a", NIO 200156.

6. LITERATURA

- [1] M. C. Liu, C. H. Lai, Y. N. Su, S. H. Huang, Y. C. Chien, Y. M. Huang, J. P. Hwang, *Learning with Great Care: The Adoption of the Multi-sensor Technology in Education*, Sensing Technology: Current Status and Future Trends III, pp. 223–242, 2015.
- [2] S. Martinez, (2014, October 1). *The maker movement: Standing on the shoulders of giants to own the future*, Edutopia, 2014.
- [3] U. Ahrend, M. Aleksy, M. Berning, J. Gebhardt, F. Mendoza, D. Schulz, *Sensors as the Basis for Digitalization: New Approaches in Instrumentation*, IoT-concepts, and 5G, Internet of Things, Vol. 15, pp. 1-16, 2021.
- [4] D. Suvara, K. Vajda, M. Katanić, M. Kisić, M. Damnjanović, and K. Babković, *3D Printed Capacitive Displacement/Force Sensor with Different Patterns of Dielectric Layer*, 2022 30th Telecommunications Forum (TELFOR), Belgrade, Serbia, 2022, pp. 1-4.
- [5] M. G. Kisić, N. V. Blaz, K. B. Babković, L. D. Zivanov and M. S. Damnjanović, *Detection of Seat Occupancy Using a Wireless Inductive Sensor*, IEEE Transactions on Magnetics, vol. 53, no. 4, Art no. 4001204, pp. 1-4, April 2017.