

UTICAJ ERP SISTEMA I INTEGRACIONIH ALATA U INDUSTRIJI 4.0**THE IMPACT OF ERP SYSTEMS AND INTEGRATION TOOLS IN INDUSTRY 4.0**Bojana Nešković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – INŽENJERSTVO INFORMACIONIH SISTEMA**

Kratak sadržaj – Rad predstavlja analizu veza između integracije ERP sistema, Industrije 4.0 i praktične primene u IT industriji. Kroz sistematski pregled literature, analizirane su metodologije i tehnike implementacije, pružajući dublji uvid u teorijski okvir. Zatim je sproveden upitnik među IT stručnjacima, pružajući stvarne uvide u izazove i prednosti koje su iskusili u radu sa integracionim alatima. Na kraju, razvijena je aplikacija za praćenje zaliha i radnih naloga, integrišući principe Industrije 4.0, kako bi se poboljšali operativni procesi.

Ključne reči: ERP sistemi, integracioni alati, Industrija 4.0

Abstract: The paper presents an analysis of the links between ERP system integration, Industry 4.0, and practical application in the IT industry. Through a systematic literature review, implementation methodologies and techniques were analyzed, providing a deeper insight into the theoretical framework. A questionnaire was then conducted among IT professionals, providing real-world insights into the challenges and benefits they experienced working with integration tools. Finally, an application was developed to track inventory and work orders, integrating Industry 4.0 principles to improve operational processes.

Keywords: ERP systems, integration tools, Industry 4.0

1. UVOD

U današnjem dinamičnom i tehnološki naprednom poslovnom okruženju, integracija informacionih tehnologija ima ključnu ulogu u unapređenju efikasnosti, produktivnosti i konkurentne prednosti organizacija. Integracija sistema za planiranje resursa preduzeća (engl. *Enterprise Resource Planning* – ERP) sa konceptom Industrije 4.0 predstavlja važan korak ka postizanju digitalne transformacije u industrijskim procesima.

Industrija 4.0 je pametan sistem, koji se koristi kao fleksibilna proizvodna linija za realizaciju proizvodnih procesa u realnom vremenu, podržanih veštačkom inteligencijom, pri donošenju pametnih odluka, povezanih internetom stvari i sajber fizičkim sistemima (mašinama) [1]. ERP sistem je alat za integraciju svih podataka i menadžerskih veština, koje su u području delatnosti preduzeća, u jedinstvenu bazu podataka, od finansija, ljudskih resur-

sa, kroz elemente lanca snabdevanja i povezivanja proizvodnje sa dobavljačima, sa jedne strane i potrošačima sa druge strane. ERP sistem se sastoji od aplikativnih modula, koji međusobno komuniciraju standardnim protokolima, zahvaljujući jedinstvenoj bazi i obradi podataka [2]. Ovaj rad je podeljen u tri celine. Prva celina obuhvata sistematski pregled literature na zadatu temu, istražujući relevantne izvore koji se odnose na integraciju ERP sistema i Industrije 4.0. Biće postavljena istraživačka pitanja, kao i prikazane baze podataka i termini pretrage korišćeni za pronalaženje primarnih studija. Drugi deo je sprovođenje upitnika među zaposlenima u IT industriji. Fokus je na njihovim uvidima i iskustvima u vezi sa primenom integracionih alata u okviru Industrije 4.0. Treći deo se odnosi na prikaz integrisanog softverskog rešenja za neki vid planiranje proizvodnje, u ovom slučaju aplikacije za praćenje stanja zaliha i radnih naloga.

2. TEORIJSKE OSNOVE

U okviru ovog poglavlja su opisani ključni koncepti i pojmovi koji se koriste u radu, a koji su povezani sa integracijom u kontekstu Industrije 4.0.

ERP sistemi su se prvi put pojavili kasnih 1980-ih i početkom 1990-ih sa snagom interfunkcionalne koordinacije i integracije u celom preduzeću. Oni integrišu poslovne procese uključujući proizvodnju, distribuciju, računovodstvo, finansije, upravljanje ljudskim resursima, upravljanje projektima, upravljanje zalihama, servis i održavanje i transport, obezbeđujući pristupačnost, vidljivost i doslednost širom sveta. Tokom 1990-ih ERP dobavljači su dodali više modula i funkcija kao “dodatke” osnovnim modulima što je dovelo do “proširenih ERP-ova”. Ova ERP proširenja uključuju napredno planiranje i zakazivanje, e-poslovna rešenja, kao što su upravljanje odnosima sa klijentima i upravljanje lancem snabdevanja [3]. Preduzeće uvođenjem ERP sistema, može da zameni dve ili više nezavisnih aplikacija i da eliminiše potrebu za spoljnim interfesima, koji su ranije bili potrebni za spajanje ovih sistema. Ovo pruža dodatne pogodnosti, koje se kreću od standardizacije i smanjenih troškova održavanja (jedan sistem umesto dva), do lakših i/ili većih mogućnosti izveštavanja (pošto se svi podaci obično nalaze u jednoj bazi podataka) [4]. Integracioni alati predstavljaju ključnu komponentu u savremenom poslovanju, omogućavajući organizacijama da povežu različite sisteme, aplikacije i tehnologije. Ovi alati funkcionišu kao posrednici, olakšavajući komunikaciju između različitih delova sistema i omogućavajući im da rade sinhronizovano i efikasno. U poslovnom svetu gde se podaci često nalaze u različitim formatima i na različitim platformama, integracioni alati igraju ključnu ulogu u osiguravanju da se ovi podaci mogu deliti i koristiti na koordiniran način. Kroz njihovu

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Teodora Vučković, docent.

upotrebu, organizacije mogu automatizovati procese, poboljšati operativnu efikasnost i brže reagovati na promene u poslovnom okruženju. Integracioni alati nude različite funkcionalnosti, uključujući transformaciju podataka, usklađivanje različitih sistema, bezbedno deljenje podataka, praćenje performansi sistema i još mnogo toga. Oni omogućavaju organizacijama da se prilagode brzim tehnološkim promenama i ostanu konkurentske tako što omogućavaju fleksibilnost, skalabilnost i optimizaciju resursa.

U današnjem digitalnom svetu, nekoliko poznatih integracionih rešenja se ističe. MuleSoft je jedan od lidera na tržištu i omogućava lako povezivanje raznolikih sistema putem podrške za različite formate podataka.

Industrija 4.0 je revidirani pristup proizvodnji koji koristi najnovije tehnološke pronalaskе i inovacije, posebno u spajanju operativne i informaciono-komunikacione tehnologije. Industrija 4.0 primenjuje alate koji obezbeđuju napredak u operativnoj, komunikacijskoj i informacionoj tehnologiji za povećanje nivoa automatizacije i digitalizacije proizvodnje, u proizvodnim i industrijskim procesima. Cilj je upravljanje čitavim procesom lanca vrednosti, poboljšanjem efikasnosti u proizvodnom procesu i stvaranjem proizvoda i usluga vrhunskog kvaliteta. Ova vizija sledi maksimu višeg kvaliteta, a ne na račun niže cene. Ova filozofija je proizvela pametnu fabriku, gde su efikasnost i troškovi poboljšani, a profit povećan [5].

Devet je tehnoloških napretka koji su stvorili četvrtu revoluciju: autonomni roboti, simulacija, horizontalna i vertikalna integracija sistema, industrijski internet stvari, sajber bezbednost, oblak, aditivna proizvodnja, proširena stvarnost i veliki podaci i analitika [6]. Industrija 4.0 takođe menja način na koji radimo. Radnici postaju suštinski povezani sa tehnologijom i informacijama, omogućavajući im da rade sa kompleksnim sistemima i reaguju na vreme na promene u proizvodnji. Ova nova era proizvodnje ne samo da povećava efikasnost i produktivnost, već i omogućava kreativniju i inovativniju radnu snagu.

Četvrta industrijska revolucija zasnovana je na konceptu pametne fabrike. Pametne fabrike imaju potpuno novi pristup proizvodnji. Pametni proizvodi se uvek mogu identifikovati i locirati. Danas su se mnoge kompanije udaljile od masovne proizvodnje do masovne proizvodnje po meri. Glavni cilj je imati proizvodni sistem koji može da se odupre svim dinamičnim poslovnim procesima. Takav sistem mora da se odlikuje fleksibilnošću, tako da može da odgovori na poremećaje različitog porekla [7].

3. METODOLOGIJA RADA

Rad je započet sistematskim pregledom literature, što predstavlja detaljan proces analize relevantnih naučnih članaka, knjiga i izveštaja u vezi sa Industrijom 4.0 i ERP sistemima. Proučavanje literature omogućilo nam je da, ne samo razumemo osnovne koncepte i definicije vezane za Industriju 4.0, ERP sisteme i integracione alate, već i da analiziramo različite pristupe koje istraživači i stručnjaci koriste širom sveta. Videli smo primenu različitih ideja, što je omogućilo da obogatimo naše istraživanje različitim perspektivama i metodologijama koje su primenjene u različitim kontekstima. Sistematski pregled literature nam je takođe pomogao da identifikujemo praznine u postojećim istraživanjima.

Nakon što smo pažljivo analizirali literaturu vezanu za

Industriju 4.0, prešli smo na sledeći korak: razvoj odabranog mernog instrumenta, odnosno strukturiranog upitnika kojim je sprovedeno istraživanje u praksi, a koje se odnosi na integracione alate. Upitnik je bio glavni alat koji se koristio u istraživanju. Prvo smo identifikovali ključne teme i pitanja koja smo želeli da istražimo.

Upitnik je zatim distribuiran među ciljanom populacijom IT stručnjaka. Podaci prikupljeni putem ovog istraživanja bili su osnova za dalju analizu. Ovaj proces nam je omogućio da prikupimo kvantitativne i kvalitativne podatke, pružajući celovitu sliku stanja u industriji. Kao finalni korak, analizirani rezultati su pažljivo sintetisani kako bi se izvukli relevantni zaključci o stanju integracionih alata u Industrijama 4.0.

Nakon završetka istraživačke faze i prikupljanja relevantnih podataka, sledeći korak je praktična implementacija. Pristupljeno je razvoju integrisanog informacionog sistema koji je fokusiran na praćenje stanja zaliha i radnih naloga.

4. SISTEMATSKI PREGLED LITERATURE

U nastavku ovog poglavlja je predstavljen sistematski pregled literature, uključujući i faze, na temu integracije ERP sistema i Industrije 4.0.

4.1. Planiranje pregleda literature

Prateći preporuke iz uputstva za sprovođenje sistematskog pregleda literature Barbare Kitchenham [8], potrebno je da definišemo cilj istraživanja. Osnovni cilj jeste da se kroz sistematski pregled literature otkriju trendovi i implikacije integracije ERP sistema i Industrije 4.0, odnosno na koji način se ERP sistemi mogu integrisati, koji si izazovi i opasnosti sa kojima se susrećemo i slično. Stoga su postavljena sledeća istraživačka pitanja (IP):

IP1. Kako se integracija ERP sistema i koncept Industrije 4.0 odražava na transformaciju tradicionalnih poslovnih modela?

IP2. Kako integracija tehnologija unutar okvira Industrije 4.0 može unaprediti efikasnost proizvodnje i optimizaciju procesa podržanih ERP sistemima?

Kako bismo pronašli relevantne radove u izvorima, bilo je potrebno definisati ključne pojmove koji se koriste u pretrazi. Generisan je upit koji predstavlja kombinaciju ključnih reči i dodatnih kriterijuma pretrage:

["Industry 4.0" and "ERP integration"] or ["digital transformation" and "ERP systems"] and pubyear > 2021

Naredni korak u planiranju pregleda literature podrazumeva definisanje kriterijuma inkluzije i ekskluzije. Identifikovani kriterijumi inkluzije (IK) su sledeći:

IK 1: Rad se mora odnositi na vezu ERP sistema i Industrije 4.0.

IK 2: Rad mora biti napisan na engleskom jeziku.

Identifikovani kriterijumi za isključivanje (EK) rada su sledeći:

EK 1: Potrebno je ukloniti duplikate.

EK 2: Potrebno je zanemariti radove objavljene pre 2022. godine.

4.2. Izvođenje pregleda literature

Inicijalna pretraga u sve tri odabrane indeksne baze (Scopus, ACM Digital Library i Science Direct) rezultirala je sa ukupno 197 radova koji odgovaraju prethodno

definisano upitu. Najmanji broj radova pronađen je u Scopus bazi (16 radova ili 8.1% ukupnog broja), zatim u ACM Digital Library bazi (22 rada ili 11.2%), dok je najveći broj rezultata dobijen u bazi Science Direct (159 radova ili 80,7%). Nakon uklanjanja radova koji su prisutni u više od jedne indeksne baze, broj radova je smanjen.

Ukupno je izabrano 18 radova na kojima će se bazirati deskriptivna statistika i koji će nam omogućiti da odgovorimo na postavljena istraživačka pitanja.

4.3. Prikaz rezultata sistematskog pregleda literature

U ovom delu je odgovoreno na postavljena istraživačka pitanja definisana u prethodnoj sekciji.

Integracija ERP sistema i koncept Industrije 4.0 predstavlja ključnu tačku u transformaciji tradicionalnih poslovnih modela. Ova transformacija ima značajan uticaj na to kako organizacije posluju, upravljaju resursima i donose odluke. Jedan od ključnih nalaza iz proučenih radova je da implementacija ERP sistema i koncepta Industrije 4.0 može doneti značajne koristi, kako finansijske, tako i nefinansijske. ERP sistemi pružaju bolji uvid u poslovne procese, omogućavaju optimizaciju resursa i poboljšavaju donošenje odluka. Uvođenje tehnologija Industrije 4.0, kao što su IoT, pametna proizvodnja i sajber-fizički sistemi, dodatno podržava automatizaciju, digitalizaciju i povezanost u celokupnom lancu vrednosti. Ovo dovodi do smanjenja troškova, povećanja efikasnosti, boljeg upravljanja rizicima i stvaranja novih poslovnih modela.

Kroz sveobuhvatnu analizu prvih osam radova može se zaključiti da integracija ERP sistema i koncepta Industrije 4.0 može značajno poboljšati performanse organizacija. Ključni faktori uspeha u ovom procesu uključuju kvalitetan ERP sistem, adekvatnu IT infrastrukturu, pravilno upravljanje podacima i promišljeno uvođenje tehnologija. Ovi koraci omogućavaju transformaciju poslovnog modela ka agilnijem, fleksibilnijem i efikasnijem okruženju, sposobnom da odgovori na zahteve brzih promena u današnjem poslovnom svetu.

Naredna grupa radova odgovara na drugo istraživačko pitanje i istražuje različite aspekte tehnološkog napretka u oblasti industrije i upravljanja poslovnim procesima, sa fokusom na primenu tehnologija poput Industrije 4.0, pametnih fabrika, digitalnih replika, upravljanja lancem snabdevanja i sistema za planiranje i kontrolu proizvodnje. Svaki rad se bavi specifičnim temama i analizira kako tehnologije unutar Industrije 4.0 mogu unaprediti različite aspekte poslovanja. Svaki od radova doprinosi razumevanju kako tehnološki napredak može transformisati različite aspekte industrije i poslovnog upravljanja, donoseći nove mogućnosti za inovacije, efikasnost i održivost.

5. UTICAJ INTEGRACIONIH ALATA – ISTRAŽIVANJE

5.1. Definisane ciljeva istraživanja

Ovo istraživanje ima za cilj pružiti dublji uvid u svet integracija u kontekstu Industrije 4.0, što će doprineti unapređenju poslovnih praksi u modernoj industriji. Fokusira se na efikasnost integracionih alata, identifikuje

izazove IT stručnjaka, procenjuje DevOps pristup, istražuje nivo obuke i podrške, i proučava integraciju ERP sistema. Ciljevi istraživanja su razumevanje brzine, olakšanja i doprinosa integracija, identifikacija ključnih izazova, analiza uticaja DevOps pristupa, evaluacija obuke i podrške, kao i proučavanje integrisanih ERP sistema.

5.2. Definisane upitnika i njegova distribucija

Upitnik je odabran kao glavni instrument istraživanja iz nekoliko ključnih razloga. Upitnici omogućavaju sistematizovano prikupljanje podataka od velikog broja ispitanika u relativno kratkom vremenskom periodu. Ova efikasnost je ključna, posebno u istraživanjima koja pokrivaju širok spektar tema, kao što je slučaj sa kompleksnom temom Industrije 4.0 i integracija.

Upitnik kreiran za ovo istraživanje sadrži 20 pitanja, koja su raspoređena po oblastima.

Prvi deo pitanja se odnosi na osnovne informacije o ispitanicima, uključujući pol, radno iskustvo, starosnu grupu i trenutnu poziciju. Nakon toga, sledi grupa pitanja vezanih za korišćenje integracionih alata, odnosno na njihovu konkretnu upotrebu. Sledeće grupa pitanja se odnosi na primenu DevOps pristupa u integracionim projektima i evaluaciju nivoa obuke i podrške koje kompanije pružaju. I poslednja grupa pitanja se odnosi na korišćenje ERP sistema, ako su prisutni. Ova pitanja omogućavaju razumevanje veze između ERP sistema i integracija.

Upitnik je prosleđen jednoj IT kompaniji specijalizovanoj za integracije. Ova kompanija je odabrana zbog njihove stručnosti u domenu integracija. Ispitanici u ovoj kompaniji imaju praktično iskustvo sa primenom integracionih alata i DevOps pristupa u realnim projektima, čineći ih relevantnim izvorom podataka za istraživanje.

5.3. Analiza i interpretacija rezultata

Kao što je već pomenuto, glavni cilj ovog istraživanja jeste bolje razumevanje percepcije IT stručnjaka o integracijama u okviru Industrije 4.0. Glavni i jedini ispitanici su zaposleni u IT kompaniji.

Konačan set podataka nakon izvršenog procesa anketiranja sadrži odgovore od ukupno 30 ispitanika.

Na osnovu analize rezultata upitnika o integracionim alatima u Industriji 4.0, ključni zaključci su sledeći: firma ne koristi ERP sisteme, što ukazuje na potrebu za edukacijom i promocijom njihove upotrebe. MuleSoft i Tibco dominiraju kao najčešće korišćeni alati, naglašavajući važnost razvoja veština upravljanja ovim alatima. Ispitanici su visoko ocenili efikasnost integracionih alata, ukazujući na pozitivno iskustvo u njihovoj primeni. Glavni izazovi uključuju složenost implementacije i visoke troškove, što ukazuje na potrebu za efikasnijim rešenjima.

Ovi zaključci ukazuju na potrebu za intenzivnijim usmeravanjem obrazovanja i resursa ka razumevanju i implementaciji ERP sistema, kao i na važnost podrške u prevazilaženju izazova koji proizlaze iz složenosti i visokih troškova integracionih rešenja.

Takođe, ističe se važnost kontinuirane edukacije i osnaživanja IT stručnjaka u upravljanju i optimizaciji integracija u kontekstu Industrije 4.0.

6. RAZVOJ INTEGRISANOG INFORMACIONOG SISTEMA ZA PRAĆENJE ZALIHAMA I RADNIH NALOGA

Cilj ovog projekta jeste razvoj integrisanog informacionog sistema koji će da obezbedi praćenje i upravljanje zalihama i radnim nalogima u jednoj kompaniji. Sistem za praćenje i upravljanje zalihama i radnim nalogima je ključni deo organizacije koja se bavi proizvodnjom, prodajom i distribucijom proizvoda. Dakle, kompanija kada primi nove zalihe materijala ili proizvoda u skladište, potrebno je da ih evidentira, odnosno da ažurira njihovo stanje, ukoliko se već nalaze u evidenciji. Nakon toga, ukoliko proces proizvodnje zahteva izvesnu količinu materijala ili proizvoda, neophodno je isporučiti ih, uz prethodno evidentiranje promena i kretanje radnog naloga.

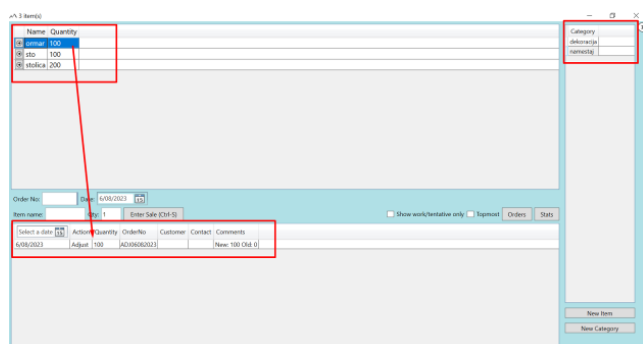
Takođe, prilikom prodaje nekih proizvoda iz skladišta, kreira se nalog i broj proizvoda na zalihama se smanjuje. U svakom trenutku stanje zaliha treba da bude ažurno i da prezentuje stvarno stanje na skladištu, uz knjiženje svih naloga koji su izazvali promene stanja.

Mnogo organizacija koristi manuelne procese i nepovezane sisteme za praćenje proizvoda, naručivanje i upravljanje radnim nalogima. To dovodi do neefikasnih procesa, grešaka u zalihama, kasnijih isporuka i problema sa praćenjem proizvoda u realnom vremenu.

Uvođenjem ove aplikacije, organizacija bi ostvarila značajne benefite u smislu vremenske i resursne efikasnosti, poboljšane tačnosti i pouzdanosti podataka, bolje upravljanje proizvodima i povećane produktivnosti. Sistem za praćenje i upravljanje zalihama i radnim nalogima omogućava organizaciji da se fokusira na svoje ključne poslovne aktivnosti, osigurava zadovoljstvo klijenata i stvara stabilnu osnovu za dalji razvoj i rast poslovanja.

Tehnologije koje su korišćene za izradu aplikacije za praćenje i upravljanje zalihama i radnim nalogima su: C#, .NET tehnologija za desktop aplikacije (engl. *Windows Presentation Foundation – WPF*) i MS SQL Server Management Studio.

Na slici 1.1 dat je prikaz aplikacije nakon pokretanja, odnosno nakon učitavanja glavnog prozora.



Slika 1.1. Glavni prozor aplikacije

7. ZAKLJUČAK

Kroz ovaj rad, ušli smo u svet digitalne industrije, istražujući kako se tehnologija može uskladiti sa poslovnim procesima. Analiza literature, zajedno sa prikazanim softverskim rešenjem, naglašava važnost ove integracije za unapređenje poslovnih performansi i stvaranje održivih konkurentskih prednosti.

Ova studija potvrđuje da integracija ERP sistema i Industrije 4.0 nije samo tehnološki trend, već nužnost za organizacije koje žele ostati konkurentne. Kroz pažljivo planiranje, implementaciju i stalno unapređenje ovih sistema, organizacije mogu stvoriti agilna, efikasna i inovativna poslovna okruženja. Ove karakteristike postaju ključne u savremenom poslovanju, omogućavajući organizacijama da ne samo prežive, već i prosperiraju u vremenu digitalne revolucije.

Dalji pravci razvoja u integraciji ERP sistema i Industrije 4.0 usmereni su ka unapređenju analitičkih alata kao što su veštačka inteligencija i mašinsko učenje za brže i preciznije donošenje odluka. Implementacija uređaja vezanih za internet stvari treba da se fokusira na smanjenje troškova i povećanje efikasnosti praćenja proizvodnih procesa. Edukacija zaposlenih i fokus na poboljšanju korisničkog iskustva igraju bitnu ulogu u budućnosti ove integracije.

8. LITERATURA

- [1] Majstorović, N. V., Majstorović, V. D., Mitrović, R., & Mišković, Ž. (2021). Industrija 4.0 i njena primena u medicini i stomatologiji, kao i borbi protiv pandemije COVID-19. *Tehnika*, 76(4), 509-520.
- [2] Tešić, Z., Milić, B., & Mitrović, V. ERP SISTEMI U INTELIGENTNOM PRIVREDIVANJU ERP SYSTEMS IN INTELLIGENT ENTERPRISING.
- [3] Rashid, M. A., Hossain, L., & Patrick, J. D. (2002). The evolution of ERP systems: A historical perspective. In *Enterprise resource planning: Solutions and management* (pp. 35-50). IGI global.
- [4] Jovičić, B., & Vlajić, S. (2007). Evolucija ERP sistema. *ИнфоМ-Часопис за информационе технологије и мултимедијалне системе*, 2007(22).
- [5] Gilchrist, A., & Gilchrist, A. (2016). Introducing Industry 4.0. *Industry 4.0: The industrial internet of things*, 195-215.
- [6] Tsvetkova, R. (2017). What does Industry 4.0 mean for sustainable development?. *Industry 4.0*, 2(6), 294-297.
- [7] Crnjac, M., Veža, I., & Banduka, N. (2017). From concept to the introduction of industry 4.0. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 8(1), 21.
- [8] Kitchenham, B. (2004). Procedures for performing systematic reviews. *Keele, UK, Keele University*, 33(2004), 1-26.

Kratka biografija:



Bojana Nešković rođena je u Ljuboviji 1998. godine. Diplomski rad pod nazivom „Web aplikacija za podršku upravljanju bibliotekom“ odbranila je 27. septembra 2021. godine na Fakultetu tehničkih nauka sa ocenom 10.