

Trendovi primene algoritama mašinskog učenja u predikciji uspeha softverskih projekata

KATARINA D. PETROVIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Fakultet organizacionih nauka, Beograd

ORCID: 0009-0002-4341-3940

ZORICA M. MITROVIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Fakultet organizacionih nauka, Beograd

ORCID: 0000-0001-9185-2652

DEJAN Č. PETROVIĆ, Univerzitet u Beogradu,

Fakultet organizacionih nauka, Beograd

ORCID: 0000-0001-6900-8842

Originalni naučni rad

UDC: 005.6:[005.8:004.413

DOI: 10.5937/tehnika2405625P

Veliki broj kompanija prelazi sa procesnog na projektno orijentisan pristup poslovanju. Ova promena se posebno može primetiti u industriji informacionih sistema i tehnologija, gde je uloga projektnog menadžmenta postala izuzetno značajna. Kako softverske projekte karakteriše vrlo visok stepen kompleksnosti, težnja ka predviđanju ishoda i uspeha softverskog projekta je postala posebno važna. Za te potrebe, razmatra se inkorporiranje određenih pristupa u oblasti veštačke inteligencije. Ovaj istraživački rad podrazumeva sprovođenje jednostavne bibliometrijske analize, sa ciljem otkrivanja postojećih trendova u istraživanju ove teme. Takođe, identifikuju se najčešće ispitivani kriterijumi uspeha projekta, kao i algoritmi mašinskog učenja primenjivani za potrebe predviđanja uspeha softverskih projekata.

Ključne reči: softverski projekat, mašinsko učenje, algoritam, predikcija uspeha projekta

1. UVOD

Pandemija korona virusa uticala je na poslovanje kompanija tako da je primena različitih tehnoloških rešenja i proces digitalizacije u značajnoj meri ubrzana i podstaknuta. Pre nego što se dogodila pandemija, u poslovnom svetu, bio je prisutan generalni stav da je učešće i uključenost čoveka poželjnija i značajnija, nego težnja ka automatizaciji procesa [1]. Međutim, nakon pandemije otvorenost i stepen usvajanja određenih rešenja, koja podstiču proces digitalizacije, je porastao, kako iz perspektive pojedinaca, tako i iz perspektive samih kompanija [2]. U cilju da održe konkurentsku prednost u dinamičnom tržišnom okruženju, kompanije teže da idu u korak sa svim promenama i novitetima koje nauka donosi, te pronadu prostor za implementaciju određenih rešenja u okviru poslovanja.

Adresa autora: Katarina Petrović, Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, Jove Ilića 154

e-mail: katarina.petrovic@fon.bg.ac.rs

Rad primljen: 14.08.2024.

Rad prihvaćen: 06.09.2024.

Tako je digitalizacija dalje pospešila ispitivanje mogućnosti implementacije veštačke inteligencije u poslovanje kompanije [3], a radi ostvarivanja boljih rezultata. Treba napomenuti da pojam veštačke inteligencije nije nov, već je prisutan u literaturi izvestan vremenski period, ali je u poslednjih nekoliko godina bilo moguće primetiti da je primena počela da se povezuje sa različitim aspektima poslovanja kompanija. Postoje različiti načini na koje kompanije vrše njenu primenu. Implementacija koja podrazumeva postizanje automatizacije određenih procesa u kompaniji, unapređenje proizvodnih postupaka i operacija [4], asistiranje u procesu organizacione transformacije [5], ostvarivanje većeg stepena efikasnosti i efektivnosti poslovanja [6], [7], pojednostavljivanje procesa donošenja odluka [8], poboljšavanje ostvarenog nivoa produktivnosti [7] i povećanje stepena profitabilnosti poslovanja [9] samo su neki od načina kako uvođenje veštačke inteligencije može potencijalno doprineti.

Primena veštačke inteligencije se sve više primećuje i u oblasti projektnog menadžmenta. Mnogi autori čvrsto veruju i smatraju da će uticaj veštačke inteligencije drastično promeniti klasični pristup upravlja-

nju projektima [10]. Doprinos se ogleda u automatizaciji određenih ponavljajućih postupaka, pružanju pristupa velikim količinama podataka i njihovoj analizi, davanju procena i smernica, ali i kreiranju osnove za donošenje pravovremenih i ispravnih odluka [10]. Dodatno, određeni autori smatraju da impelmentacija veštačke inteligencije može u velikoj meri uticati na sveukupni uspeh i krajnji ishod datog projekta, obzirom da omogućava bolju procenu i definisanje realnih planova [11].

Industrija informacionih sistema i tehnologija se suočava sa velikim brojem projekata koje karakteriše visok stepen kompleksnosti [12]. Postoji mnogo faktora koje je potrebno uzeti u obzir prilikom razmatranja i planiranja određenog poduhvata od strane kompanije [13]. Stoga, organizacije više nisu u mogućnosti da primenjuju klasične pristupe [14], te uloga projektnog menadžmenta u vođenju softverskih projekata sve više raste, sa porastom složenosti zahteva klijenata i kvaliteta očekivanog izlaza projekta.

U skladu sa navedenim, za potrebe istraživanja definisana su tri istraživačka pitanja. Prvo, u kojoj meri se primenjuju algoritmi mašinskog učenja u predviđanju uspeha softverskih projekata. Kao drugo, koji kriterijumi uspeha projekta su najčešće fokus analize. I kao treće istraživačko pitanje, koji su najčešće primenjivani algoritmi mašinskog učenja.

Rad je strukturiran u četiri celine. Pregled literature daje osvrt na osnovne koncepte koji će biti razmotreni u okviru analize. Metodologija govori o odabranom alatu za sprovođenje istraživanja i ostalim podešavanjima parametara. U okviru rezultata i diskusije dobijeni rezultati se predstavljaju i tumače shodno posmatranom kontekstu. U okviru poslednjeg segmenta, zaključak i ograničenja, daje se osvrt na doprinos istraživanja i preporuke za buduće radove.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. Kriterijumi uspeha projekta

Uspeh projekta predstavlja izuzetno važnu perspektivu iz koje se sveukupna realizacija posmatra i dublje definiše. Međutim, u literaturi se termin kriterijumi uspeha i faktori uspeha neretko koriste kao sinonimi, iako imaju različito značenje. Kriterijumi uspeha projekta definišu se kao pokazatelji koji jasno određuju i ukazuju na to da li je određeni poduhvat kompletiran tako da se može smatrati uspešnim ili neuspešnim [15]. Sa druge strane, faktori uspeha projekta predstavljaju elemente koji imaju posredan ili neposredan uticaj na sveukupni ishod i krajnji uspeh posmatranog projekta [15].

Bitno je napomenuti da pojam uspeha projekta može biti protumačen na više različitih načina. Kako O'Brochta [16] navodi, definicija uspeha projekta se

menjala tokom vremena, pa je tako 1960-ih tehnička strana projekta predstavljala glavnu meru uspeha, 1970-ih su to bili kvalitet, vreme i troškovi, 1980-ih odobrenje dobijeno od strane klijenta, a 1990-ih efekti organizacione kulture.

Detaljan pregled literature koji su sproveli Iriarte & Bayona [17] pokazao je da još uvek nema autora koji su se u potpunosti složili u odabiru kriterijuma uspeha projekta. Autori predlažu različite kombinacije kriterijuma uspeha, što dovodi do zaključka da je definisanje ovih pokazatelja visoko zavisno od stejkholdera i njihove percepcije i načina razumevanja uspešnosti projekta [17]. U većini slučajeva, prisutna je težnja da se kao mere uspeha projekta definišu oni kriterijumi koje je moguće kvantifikovati na jednostavan način [18]. Zbog toga Ferratt et al. [19] smatraju da je uspeh IT projekta (u datoj studiji ERP projekta) potrebno identifikovati na osnovu tradicionalnih pokazatelja, odnosno kroz elemente „gvozdenog trougla“.

2.2. Algoritmi mašinskog učenja

Posmatrajući terminološku osnovu u literaturi, Kühl et al. [20] primećuju da se termini veštačka inteligencija (artificial intelligence) i mašinsko učenje (machine learning) često poistovećuju i koriste kao sinonimi. Veštačka inteligencija je sposobnost mašine da oponaša i imitira kognitivne procese koji su svojstveni čoveku [21] i predstavlja širi pojam od pojma mašinskog učenja. Mašinsko učenje podrazumeva različite metode koje se primenjuju radi osposobljavanja sistema da uče i dodatno razvijaju i unapređuju znanje na osnovu stečenog iskustva [22]. Nasuprot direktnom davanju komandi, sistem dolazi do rešenja na osnovu otkrivenih zakonitosti i paterni [20]. Algoritmi mašinskog učenja, shodno pristupu procesu nadgledanja koji se sprovodi pri učenju modela [23], se najčešće kategorišu u četiri grupe: nadgledano učenje, nenadgledano učenje, polunadgledano učenje i učenje sa podrškom [24].

Nadgledano učenje (supervised learning) podrazumeva skup slučajeva gde za svaki od njih, izuzev ulaza, postoji i tačno određen izlaz [23]. Suština nadgledanog učenja je da se na osnovu istorijskih podataka pronađu određene zakonitosti i veze [25]. Nenadgledano učenje (unsupervised learning), nasuprot nadgledanom učenju, sadrži ulaze, ali ne i tačno određene izlaze za pojedinačne slučajeve [26]. Ova kategorija algoritama je značajna obzirom da omogućava otkrivanje karakteristika, struktura i grupa u podacima [25], [26]. Polunadgledano učenje (semi-supervised learning) predstavlja kombinaciju prethodno dva navedena oblika. Dakle, jedan segment ulaznih podataka poseduje tačno određene izlaze, dok drugi segment ulaznih podataka ne poseduje definisane izlaze [26]. Proces određivanja oznaka podataka traži izvesno vreme i

nastanak dodatnih troškova, pa je shodno tome ova grupa algoritama značajna u situaciji kada su podaci mešoviti [23]. Učenje sa podrškom (reinforcement learning) podrazumeva proces kroz koji sistem, odnosno agent, uči kako određene odluke utiču na krajnju nagradu koja će za prethodne postupke uslediti [26]. Shodno odlukama, agent može ostvariti ili kaznu ili nagradu, na bazi čega se dalje definiše pravilo koje će sistem slediti da bi ostvario najveći mogući broj nagrada [23]. U nastavku, fokus rada će većinski biti usmeren ka ispitivanju primene algoritama koji se klasifikuju kao vrsta nadgledanog učenja i manjim brojem algoritama koji pripadaju kategoriji nenadgledanog učenja.

3. METODOLOGIJA

Kako bi se ustanovili trendovi u istraživanju i ispitivanju primene algoritama mašinskog učenja radi predviđanja uspeha softverskih projekata, sprovedena

je bibliometrijska analiza. Bibliometrijska analiza predstavlja kvantitativnu metodu kroz koju se selekcijom relevantnih izvora vrši ispitivanje određenih veza koje su prisutne [27]. Ova metodologija je izabrana zbog toga što omogućava sistematizaciju velike količine radova koji su objavljeni, tako da se mogu uočiti trendovi prisutni u datoj oblasti naučnog istraživanja [28].

Postupak pretraživanja objavljenih radova izvršen je nad Scopus-ovom bazom radova. Scopus predstavlja bazu sa velikim brojem relevantnih radova, pri čemu je pretraživanje lako podesivo shodno definisanim zahtevima istraživanja [29], [30], zbog čega je i izvršen ovaj odabir.

Pretraga baze radova je sprovedena tokom septembra 2024. godine, pri čemu je izvršena pretraga podrazumevala identifikaciju radova objavljenih u periodu od 2000. do 2023. godine.

Dimenzija 1 Algoritmi mašinskog učenja	Dimenzija 2 Kriterijumi uspeha projekta	Dimenzija 3 Način doprinosa algoritma	Dimenzija 4 Vrsta projekta
"Linear Regression" "Logistic Regression" "Bayes*" "Nearest Neighbor" OR "KNN" OR "K-NN" "K-means" "Neural Network*" "Support Vector Machine" OR "SVM*" "Decision Tree" "Genetic Algorithms" "Random Forest" OR "Random Decision Forest" "Gradient Boosting" OR "AdaBoost"	"Cost" "Effort" "Duration OR Schedule" "Quality" "Risk" "Success" "Outcome"	"Estimat*" "Classif*" "Predict"	"Software" AND "Project"
Operator: AND			

Slika 1 - Dimenzije i pregled ključnih reči korišćenih u analizi [32]

Istraživanje je bilo ograničeno na radove iz oblasti računarskih nauka (Computer Science) i inženjerstva (Engineering). Dodatno, posmatrani su radovi objavljeni na engleskom jeziku, koji su objavljeni u časopisima, čime su na ovaj način isključenje knjige, delovi knjiga i konferencijski radovi.

Prethodno navedene odrednice pretrage dopunjene su odabirom odgovarajućih ključnih reči. Analizu je činilo četiri osnovne dimenzije: 1) algoritam mašinskog učenja, 2) kriterijum uspeha projekta, 3) način doprinosa algoritma uspehu projekta i 4) vrsta projekata. Odabrane ključne reči, prema pojedinačnim dimenzijama, prikazane su na slici 1.

Selektovani algoritmi mašinskog učenja su neki od najčešće korišćenih algoritama. Kriterijumi uspeha koji su odabrani su zasnovani na ideji „gvođenog

trougla“ sa dodatkom elementa rizik, obzirom da se pokazalo da su kompanije koje realizuju softverske projekte sklone visokom stepenu rizika [31]. Dodatno, analizom su obuhvaćene i ključne reči uspeh i ishod projekta, zbog toga što je analiza težila identifikaciji i radova koji podrazumevaju primenu algoritama za predviđanje sveukupnih efekata projekta. Doprinos algoritma obuhvatio je procenu, klasifikaciju ili predviđanje. Na kraju, kao vrsta projekta definisane su ključne reči koje omogućavaju sužavanje analize, isključivo, na softverske projekte.

Primenom svih prethodno navedenih ključnih reči i podešavanja, identifikovano je ukupno 36.255 radova. Pri tome, 56,7%, odnosno 25.769 radova je iz oblasti računarskih nauka, dok je 43,3%, odnosno 19.701 radova iz oblasti inženjerstva. Ukupan broj

radova koji pripadaju kategoriji otvorenog pristupa (open access) iznosi 18.450, odnosno 50,9%.

U nastavku će biti izvršena analiza broja objavljenih radova prema pojedinačnim kriterijumima uspeha, a koji su selekovani za potrebe istraživanja.

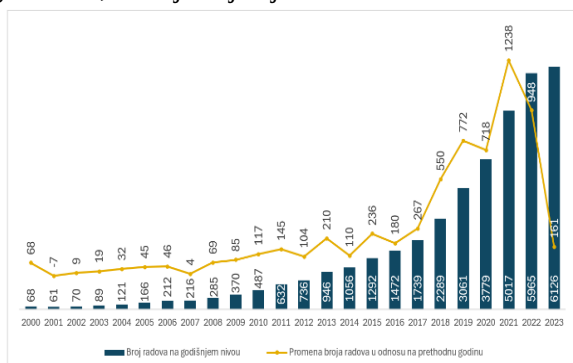
4. REZULTATI I DISKUSIJA

4.1. Opšte informacije

Kada se posmatra frekventnost objavljivanja radova (grafikon 1), u periodu od 2000. do 2023. godine, može se primetiti da je porast broja radova po pojedinačnim godinama konstantan, sa izuzetkom 2001. godine u kojoj je došlo do blagog pada.

Uočava se da je do 2009. godine porast broja radova u poređenju sa prethodnom godinom bio ispod 100, dok se nakon 2009. godine primećuje da je ukupan broj objavljenih radova iz godine u godinu bio iznad 100 radova.

Posebno se ističe 2021. godina kada je, u poređenju sa brojem radova objavljenih tokom 2020. godine, došlo do porasta za 1.238 radova, što predstavlja ujedno i najveći skok za posmatrani period. Potom, u 2022. godini je objavljeno 948 radova više u odnosu na prethodnu godinu, nakon čega u 2023. godini dolazi do pada u poređenju sa prethodnim godinama, kada je objavljen 161 rad.



Grafikon 1 - Broj objavljenih radova po pojedinačnim godinama i uzastopna promena u broju radova

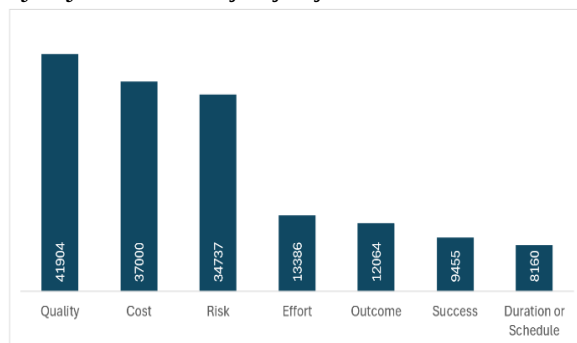
Nagli porast u broju objavljenih radova koji se dogodio u 2021. godini može se objasniti kroz efekte koje je pandemija korona virusa imala, te je proces digitalizacije i digitalne transformacije dodatno podstaknut i ubrzan, u pogledu usvajanja i primene različitih algoritama veštačke inteligencije [3]. Interesovanje koje se javilo za ovu temu nakon završetka pandemije se odrazilo na istraživanja koja su sprovedena i objavljena.

Međutim, pad koji se dogodio u 2023. godini može ukazivati na to da je postignut određen stepen istraženosti ove teme. Treba imati u vidu da ukupan broj radova raste iz godine u godinu, ali da intenzitet

rasta svakako varira, shodno određenim promenama na tržištu. Na osnovu toga, zaključuje se da će trend istraživanja i objavljivanja radova na ovu temu biti nastavljen, uz stabilniji rast.

Posmatrajući broj objavljenih radova prema državama (grafikon 2), identifikovano je da se najveći broj radova objavljuje u Sjedinjenim Američkim Državama (7.390), dok je na drugom mestu Kina (6.793), a na trećem mestu Velika Britanija (3.077). Posmatrano prema ukupnom broju radova, istraživanja objavljena u Sjedinjenim Američkim Državama čine čak 20,4%, Kina 18,7%, a Velika Britanija 8,5% udela u ukupnom broju radova objavljenih na svetskom nivou. Na osnovu prethodno navedenog može se zaključiti da, prema udelu u ukupnom broju objavljenih radova na svetskom nivou, tri prvorangirane države čine čak 47,6%, odnosno skoro polovinu objavljenih radova na temu primene algoritama mašinskog učenja radi predikcije uspeha softverskih projekata.

Tokom prethodnih pet godina Sjedinjene Američke Države i Kina su osvarile najveći stepen primene i korišćenja koncepata veštačke inteligencije, kako u različitim kompanijama, tako i u državnim institucijama [33]. U Sjedinjenim Američkim Državama, National AI Initiative Act of 2020 je dokument koji je donet radi definisanja smernica za podsticanje istraživačkog rada u ovoj oblasti, pri čemu je određeno formiranje nacionalne kancelarije za veštačku inteligenciju koja će pratiti sprovođenje i realizaciju ove strategije [34]. U Kini, jedan od značajnijih regulatornih dokumenata, donet 2017. godine od strane kineske vlade, je New Generation AI Development Plan, koji se fokusira na razvoj i implementaciju veštačke inteligencije, sa osvrtnom na bezbednosni i regulatorni aspekt njene dalje primene [35]. Velika Britanija je donela dokument National AI Strategy, koji za cilj ima težnju Velike Britanije da opstane lider u ovoj oblasti [36]. Shodno prethodno navedenom može se videti da su pomenute države već definisale jasne strategije koje podstiču naučno-istraživački rad u pogledu prime-neveštačke inteligencije u različitim industrijama [37], što objašnjava veliki broj objavljenih radova.



Grafikon 2 - Deset prvorangiranih država prema broju objavljenih radova

Ukoliko se posmatraju časopisi u kojima se objavljuju istraživanja na ovu temu (tabela 1), može se primetiti da se najviše radova objavljuje u časopisu IEEE Access (1.284), Sustainability Switzerland je drugi (705), a Applied Sciences Switzerland treći (701) po broju objavljenih radova.

Tabela 1. Deset prvorangiranih časopisa prema broju objavljenih radova

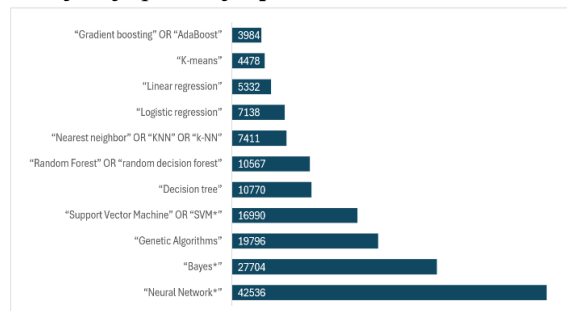
Naziv časopisa	Broj radova
IEEE Access	1284
Sustainability Switzerland	705
Applied Sciences Switzerland	701
Expert Systems With Applications	580
Environmental Modelling And Software	476
Energies	427
Sensors	415
BMC Bioinformatics	372
Journal Of Systems And Software	332
Information And Software Technology	330

Posmatrajući trend objavljivanja, uočeno je da su časopisi Environmental Modelling And Software i Expert Systems With Applications vršili objavljivanje još od 2001. godine, za razliku od časopisa IEEE Access i Sustainability Switzerland koji su počeli 2013. godine, a časopis Applied Sciences Switzerland 2016. godine počinje sa objavljivanjem radova na ovu temu. Kasniji početak objavljivanja u tri prvorangirana časopisa se objašnjava kroz činjenicu da su ovi časopisi ujedno kasnije osnovani i počeli sa objavljivanjem. Časopisi Expert Systems With Applications i Environmental Modelling And Software nisu ostvarili drastični porast u broju objavljenih radova za posmatrani period, za razliku od tri prvorangirana časopisa koja su u poslednjih nekoliko godina ostvarila značajniji porast.

4.2. Primena algoritama mašinskog učenja

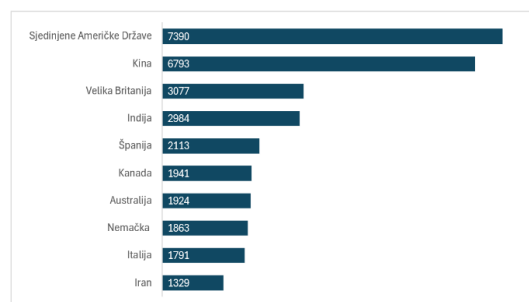
Kada se posmatra mera uspeha projekta (grafikon 3), primena algoritama mašinskog učenja se pokazala kao najzastupljenija i najistraženija u domenu upravljanja kvalitetom softverskih projekata, gde je identifikovano 41.904 radova. Drugo mesto po zastupljenosti čine radovi koji su fokusirani na upravljanje troškovima i budžetsku perspektivu sprovođenja softverskih projekata, pri čemu je identifikovano 37.000 radova. Na trećem mestu su radovi usmereni na upravljanje rizikom softverskih projekata kojih je identifikovano 34.737. Najmanji broj radova, odnosno 8.160, bavi se ispitivanjem primene algoritama mašinskog učenja za potrebe upravljanja vremenskim rasporedom realizacije softverskih projekata.

Dakle, trenutno je najviše pažnje usmereno ka ispitivanju primene algoritama za potrebe kvaliteta, troškova i rizika, u slučaju softverskih projekata. Svakako primena veštačke inteligencije i algoritama mašinskog učenja je još uvek u početnim fazama, što ne isključuje potencijal primene u ostalim oblastima.



Grafikon 3 - Broj objavljenih radova prema kriterijumu uspeha projekta

Ukoliko se posmatra broj objavljenih radova (grafikon 4), za period od 2000. godine do 2023. godine, a shodno odabranom algoritmu mašinskog učenja za predviđanje uspeha softverskih projekata, može se primetiti da je ispitivanje primene neuronskih mreža najzastupljenije, odnosno identifikovano je 42.536 radova. Drugi algoritam po zastupljenosti je kategorija Bajesovih algoritama, koji se zasnivaju na Bajesovoj teoremi, pri čemu je analiza pokazala da je 27.704 radova ispitalo njihovu primenu za potrebe softverskih projekata. Treći po zastupljenosti su genetički algoritmi čija je primena identifikovana u 19.796 radova. Najmanje radova ispituje primenu algoritama linearne regresije (5.332), K-means (4.478) i Gradient Boosting ili AdaBoost (3.984).



Grafikon 4 - Broj objavljenih radova prema algoritmima mašinskog učenja

Kada je u pitanju broj identifikovanih radova koji se bave primenom algoritama mašinskog učenja (tabela 2) u upravljanju softverskim projektima, za svaki kriterijum uspeha projekta može se jasno uočiti u kojoj meri je za te potrebe primena pojedinačnih algoritama ispitivana. Takođe, može se videti da je za svaki od kriterijuma uspeha softverskog projekta primena neuronskih mreža najzastupljenija, dok su za definisane mere uspeha najmanje primenjivani algoritmi Gradient Boosting ili AdaBoost i K-means.

Tabela 2. Broj objavljenih radova prema pojedinačnim kriterijumima uspeha projekta i algoritmima mašinskog učenja

	Cost	Effort	Duration/Schedule	Quality	Risk	Success	Outcome
„Linear Regression“	1132	584	353	1386	1090	373	414
„Logistic Regression“	1334	614	288	1698	1809	522	873
„Bayes“	5733	2338	1408	7268	6918	1730	2309
„Nearest Neighbor“ OR „KNN“ OR „k-NN“	1926	695	254	2097	1461	378	600
„K-means“	1071	355	158	1364	932	266	332
„Neural Network“	10340	3575	2214	11743	8998	2693	2973
„Support Vector Machine“ OR „SVM“	4123	1474	738	4600	3803	940	1312
„Decision Tree“	2543	958	451	2808	2426	660	924
„Genetic Algorithms“	5564	1574	1706	5150	3782	1080	940
„Random Forest“ OR „Random Decision Forest“	2296	917	429	2821	2506	585	1013
„Gradient Boosting“ OR „AdaBoost“	938	302	161	969	1012	228	374
Ukupno	37000	13386	8160	41904	34737	9455	12064

Napredak i razvoj funkcionalnosti odgovarajućih softverskih alata, omogućio je pojednostavljivanje proračuna koji je potreban za primenu neuronskih mreža, što je doprinelo da se one sve više primenjuju (različiti tipovi poput NNN ili ANN) [38]. Bajesovi modeli su se posebno pokazali kao značajni u uslovima visokog seena neizvesnosti [39].

5. ZAKLJUČAK I OGRANIČENJA

Cilj rada je bilo sprovođenje istraživanja kako bi se dobili odgovori u vezi sa učestalošću primene algoritama mašinskog učenja u predviđanju uspeha softverskih projekata, identifikacija najčešće analiziranih kriterijuma uspeha projekta, kao i identifikacija najčešće korišćenih algoritama mašinskog učenja za navedene potrebe.

Rezultati analize pokazuju da je trend ispitivanja mogućnosti primene veštačke inteligencije za potrebe predviđanja uspeha projekta idalje prisutan. Uočeno je da je tokom 2021. godine došlo do najvećeg skoka u broju objavljenih radova, te da se tokom 2022. i 2023. godine ovaj sukcesivni rast godišnjeg broja radova smanjio. Očekuje se da će se trend istraživanja i ispitivanja ove oblasti nastaviti, odnosno da će količina radova i dalje biti u porastu, pri čemu će se broj objavljenih radova, iz sukcesivne perspektive, vrlo verovatno stabilizovati.

Takođe, analizom je uočeno da su kvalitet, troškovi i rizik trenutno najistraženiji segmenti u pogledu primene algoritama mašinskog učenja. Fokus na ove segmente se može pripisati tome što su ovi kriterijumi vrlo često najvažniji za stejkholdere u slučaju softverskih projekata. Dodatno, treba istaći da rezultati

ne impliciraju nužno na nemogućnost implementacije algoritama u kontekstu ostalih kriterijuma uspeha koji su definisani. Naprotiv, ovo može ukazivati na to da će primena algoritama u domenu ovih kriterijuma uspeha projekta biti ispitana i istražena u narednom vremenskom periodu.

Istraživanje je demonstriralo da su najčešće ispitivani, odnosno primenjivani, algoritmi mašinskog učenja različiti tipovi neuronskih mreža i algoritmi zasnovani na Bajesovoj teoremi, dok je primena algoritama Gradient Boosting ili AdaBoost i K-means trenutno na najnižem nivou. Ovaj istraživački rad omogućio je kreiranje pretpostavki o budućim trendovima u oblasti primene algoritama veštačke inteligencije za predviđanje uspeha softverskih projekata. Jasno je utvrđeno koji segmenti su do sada predstavljali glavni fokus velikog broja istraživanja, pri čemu je idnetifikovano i koji kriterijumi uspeha projekta mogu biti predmet budućih istraživanja i analiza u domenu primene odgovarajućih algoritama.

Ograničenje ovog istraživanja ogleda se u tome što je korišćena samo jedna baza radova, Scopus. Budući radovi trebali bi da obuhvate istraživanje i drugih relevantnih baza podataka, kako bi se dodatno potvrdili dobijeni zaključci o identifikovanim trendovima. Takođe, još jedno ograničenje rada predstavlja odabrani algoritmi mašinskog učenja, koji su definisani kao ključne reči prilikom same bibliometrijske analize. Naredna istraživanja bi trebala da se fokusiraju, ne samo na najčešće primenjivane algoritme, već i na uključivanje drugih algoritama, što bi moglo da ukaže na eventualni potencijal primene za potrebe predviđanja uspeha projekta.

LITERATURA

- [1] Coombs C. Will COVID-19 be the tipping point for the Intelligent Automation of work? A review of the debate and implications for research, *Int J Inf Manage*, Vol. 55, p. 102182, 2020.
- [2] Dias T, Gonçalves R, Lopes da Costa R, Pereira LF, Dias Á. The impact of artificial intelligence on consumer behaviour and changes in business activity due to pandemic effects, *Human Technology*, Vol. 19, No. 1, pp. 121–148, 2023.
- [3] Chintalapati S, Pandey SK. Artificial intelligence in marketing: A systematic literature review, *International Journal of Market Research*, Vol. 64, No. 1, pp. 38–68, 2022.
- [4] Benabed A, Bujor D, Manita Bulareanu A, Constantin Ene AB. The Role of AI for Business and Companies' Leadership and Internationalization in Globalization: A Background with Analysis, *Proceedings of the Internat. Conference on Business Excellence*, Vol. 18, no. 1, pp. 268–282, 2024.
- [5] Chhatre R, Singh S. AI and Organizational Change: Dynamics and Management Strategies, *Journal of Emerging Trends and Novel Research*, Vol. 2, No. 5, pp. a148–a159, 2024.
- [6] Haenlein M, Kaplan A. A Brief History of Artificial Intelligence: On the Past, Present, and Future of Artificial Intelligence, *Calif Manage Rev*, vol. 61, no. 4, pp. 5–14, Aug. 2019.
- [7] Gurjar K, Jangra A, Baber H, Islam M, Sheikh SA. An Analytical Review on the Impact of Artificial Intelligence on the Business Industry: Applications, Trends, and Challenges, *IEEE Engineering Management Review*, Vol. 52, No. 2, pp. 84–102, 2024.
- [8] Balbaa ME, Abdurashidova MS. The impact of artificial intelligence in decision making: a comprehensive review, *EPRA international Journal of Economics, Business and Management Studies*, Vol. 11, No. 2, pp. 27–38, 2024.
- [9] Berhil S, Benlahmar H, Labani N. A review paper on artificial intelligence at the service of human resources management, *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, Vol. 18, No. 1, p. 32, 2020.
- [10] Dam HK, Tran T, Grundy J, Ghose A, Kamei Y. Towards Effective AI-Powered Agile Project Management, in *2019 IEEE/ACM 41st International Conference on Software Engineering: New Ideas and Emerging Results (ICSE-NIER)*, IEEE, pp. 41–44, May 2019.
- [11] Taboada I, Daneshpajouh A, Toledo N, de Vass T. Artificial Intelligence Enabled Project Management: A Systematic Literature Review, *Applied Sciences*, Vol. 13, No. 8, p. 5014, 2023.
- [12] Botchkarev A, Finnigan P. Complexity in the Context of Information Systems Project Management, *Organisational Project Management*, Vol. 2, No. 1, p. 15, 2015.
- [13] Eftekhari NA, Mani S, Bakhshi J, Statsenko L, Naeni LM. Socio-Technical and Political Complexities: Findings from Two Case Studies of Large IT Project-Based Organizations, *Systems*, Vol. 10, No. 6, p. 244, 2022.
- [14] Zhu J, Mostafavi A. Performance Assessment in Complex Engineering Projects Using a System-of-Systems Framework, *IEEE Syst J*, Vol. 12, No. 1, pp. 262–273, 2018.
- [15] Cooke-Davies T. The 'real' success factors on projects, *International Journal of Project Management*, Vol. 20, No. 3, pp. 185–190, 2002.
- [16] O'Brochta M. Project success: what are the criteria and whose opinion counts, in *Proceedings of the Project Management Institute Annual Seminars & Symposiums*, pp. 3–10, 2002.
- [17] Iriarte C, Bayona S. IT projects success factors: a literature review, *International Journal of Information Systems and Project Management*, Vol. 8, No. 2, pp. 49–78, 2021.
- [18] Pankratz O, Basten D. Opening the black box: Managers' perceptions of IS project success mechanisms, *Information & Management*, Vol. 55, No. 3, pp. 381–395, 2018.
- [19] Ferratt TW, Ahire S, De P. Achieving Success in Large Projects: Implications from a Study of ERP Implementations, *Interfaces (Providence)*, Vol. 36, No. 5, pp. 458–469, 2006.
- [20] Kühl N, Schemmer M, Goutier M, Satzger G. Artificial intelligence and machine learning, *Electronic Markets*, Vol. 32, No. 4, pp. 2235–2244, 2022.
- [21] Rai A, Constantinides P, Sarker S. Next generation digital platforms: Toward human-AI hybrids, *MIS Quarterly*, Vol. 43, No. 1, pp. iii–ix, 2019.
- [22] Koza J. R., Bennett FH, Andre D, Keane M. A. Automated Design of Both the Topology and Sizing of Analog Electrical Circuits Using Genetic Programming, in *Artificial Intelligence in Design '96*, Springer Netherlands, pp. 151–170, 1996.
- [23] Géron A. *Hands-on Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow, 2nd Edition*. O'Reilly, 2021.
- [24] Mohammed M, Khan MB, Bashier EBM. *Machine Learning*. CRC Press, 2016.
- [25] Alzubi J, Nayyar A, Kumar A. Machine Learning from Theory to Algorithms: An Overview, *J Phys Conf Ser*, Vol. 1142, p. 012012, 2018.

- [26]Sarker I. H. Machine Learning: Algorithms, Real-World Applications and Research Directions, *SN Comput Sci*, Vol. 2, No. 3, p. 160, 2021.
- [27]Öztürk O, Kocaman R, Kanbach DK. How to design bibliometric research: an overview and a framework proposal, *Review of Manager. Sci*, 2024.
- [28]Passas I. Bibliometric Analysis: The Main Steps, *Encyclopedia*, Vol. 4, No. 2, pp. 1014–1025, 2024.
- [29]Klapka O, Slaby A. Visual Analysis of Search Results in Scopus Database, in *Digital Libraries for Open Knowledge*, Vol. 11057, pp. 340–343, 2018.
- [30]Ardiansyah N, Wandu N, Suparto N, Rafi M, Amri P. Bibliometric analysis and visualization of state administrative law in Scopus database from 2017–2021, *Cogent Soc Sci*, Vol. 10, No. 1, 2024.
- [31]Kendrick T. *Identifying and managing project risk: Essential Tools for Failure-proofing Your Project*, 2nd ed. Amacom Books, 2009.
- [32]Mitrović Z. Integrirani model kritičnih faktora uspeha softverskih projekata, Doktorska disertacija, Fakultet organizacionih nauka, Beograd, 2021.
- [33]Nenni ME, De Felice F, De Luca C, Forcina A. How artificial intelligence will transform project management in the age of digitization: a systematic literature review, *Management Review Quarterly*, 2024.
- [34]WhiteCase. AI Watch: Global regulatory tracker - United States [Internet]; 2024 [citirano 21.09.2024]. Dostupno na: <https://www.whitecase.com/insight-our-thinking/ai-watch-global-regulatory-tracker-united-states>
- [35]Khanal S, Zhang H, Taeihagh A. Development of New Generation of Artificial Intelligence in China: When Beijing's Global Ambitions Meet Local Realities, *Journal of Contemporary China*, pp. 1–24, 2024.
- [36]HM Government. National AI Strategy, *Office for Artificial Intelligence*, 2021.
- [37]Dhawan S. M, Gupta B. M, Singh N. K. Global Machine-learning Research: A scientometric assessment of global literature during 2009–18, *World Digital Libraries-An International Journal*, Vol. 13, No. 2, pp. 105–120, 2020.
- [38]Vargas RV. Applying neural networks and analogous estimating to determine the project budget, in *Paper presented at PMI® Global Congress 2015—North America*, Orlando, FL. Newtown Square: PMI, 2015.
- [39]de Sousa ALR, de Souza CRB, Reis RQ. A 20-year mapping of Bayesian belief networks in software project management, *IET Software*, Vol. 16, No. 1, pp. 14–28, 2022.

SUMMARY

TRENDS IN THE APPLINATION OF MACHINE LEARNING ALGORITHMS FOR PREDICTING SOFTWARE PROJECT SUCCESS

A large number of companies are shifting from a process-oriented to a project-oriented approach. This change is particularly noticeable in the information systems and technology industry, where the role of project management has become extremely important. As software projects are characterized by a very high degree of complexity, the pursuit of predicting the outcome and success of a software project has become extremely important. For these needs, incorporation of certain approaches in the field of artificial intelligence is being considered. This research paper involves the implementation of a simple bibliometric analysis, with the aim of revealing existing trends in the research of this topic. Also, the most commonly examined project success criteria are identified, as well as machine learning algorithms applied for the purposes of predicting the success of software projects.

Key Words: software project, machine learning, algorithm, project success prediction