

INFCON25



Zbornik sažetaka

Infcon

Znanstveni skup doktorskih studenata informatike



Sveučilište u Rijeci
**Fakultet informatike
i digitalnih tehnologija**

uniri





ZBORNIK SAŽETAKA

INFCON – ZNANSTVENI SKUP DOKTORSKIH
STUDENATA INFORMATIKE

Rijeka, listopad 2025.

Impresum

Naslov:	ZBORNIK SAŽETAKA: INFCON – ZNANSTVENI SKUP DOKTORSKIH STUDENATA INFORMATIKE
Nakladnik:	Sveučilište u Rijeci, Fakultet informatike i digitalnih tehnologija
Urednici:	prof. dr. sc. Ana Meštrović izv. prof. dr. sc. Martina Ašenbrener Katić doc. dr. sc. Slobodan Beliga
Naziv skupa:	4. ZNANSTVENI SKUP DOKTORSKIH STUDENATA INFORMATIKE: INFCON25
Vrijeme održavanja konferencije:	24. i 25. listopada 2025.
Mjesto održavanja konferencije:	Rijeka
Učestalost izdavanja:	jednom godišnje
Postavljeno na mrežu:	25. listopada 2025.
Dizajn i oblikovanje:	doc. dr. sc. Slobodan Beliga
ISSN	3102-3568 (<i>online</i>)

4. ZNANSTVENI SKUP DOKTORSKIH STUDENATA INFORMATIKE: INFCON25

Organizator skupa:

Fakultet informatike i digitalnih tehnologija, Sveučilište u Rijeci

Programski odbor:

doc. dr. sc. Slobodan Beliga, Sveučilište u Rijeci, Hrvatska
(predsjednik programskog i znanstvenog odbora)

prof. dr. sc. Ana Meštrović, Sveučilište u Rijeci, Hrvatska
prof. dr. sc. Patrizia Pošćić, Sveučilište u Rijeci, Hrvatska
prof. dr. sc. Bojan Čukić, Sveučilište Sjeverne Karoline, Charlotte SAD
prof. dr. sc. Jordi Gonzalez Sabaté, Autonomno sveučilište u Barceloni, Španjolska
prof. dr. sc. Francesco Guerra, Sveučilište Modena i Reggio Emilia, Italija
prof. dr. sc. Mirjana Kljajić Borštnar, Sveučilište u Mariboru, Slovenija
prof. dr. sc. Ivan Luković, Sveučilište u Beogradu, Srbija
prof. dr. sc. Gorgji Madjarov, Sveučilište sv. Ćirila i Metoda u Skopju, Makedonija
prof. dr. sc. Adrian Muskat, Sveučilište na Malti, Malta
prof. dr. sc. Peter Peer, Sveučilište u Ljubljani, Slovenija
prof. dr. sc. Slobodan Ribarić, Sveučilište u Rijeci, Hrvatska
prof. dr. sc. Marko Robnik Šikonja, Sveučilište u Ljubljani, Slovenija
prof. dr. sc. Jože Rugelj, Sveučilište u Ljubljani, Slovenija
prof. dr. sc. Marcin Woźniak, Silesiansko tehničko sveučilište, Poljska
izv. prof. dr. sc. Innar Iiv, Tehničko sveučilište u Tallinu, Estonija
izv. prof. dr. sc. Martina Holenko Dlab, Sveučilište u Rijeci, Hrvatska
izv. prof. dr. sc. Martina Ašenbrener Katić, Sveučilište u Rijeci, Hrvatska
izv. prof. dr. sc. Lucia Načinović Prskalo, Sveučilište u Rijeci, Hrvatska
doc. dr. sc. Maja Gligora Marković, Sveučilište u Rijeci, Hrvatska

Organizacijski odbor:

izv. prof. dr. sc. Martina Ašenbrener Katić, Sveučilište u Rijeci, FIDIT, Hrvatska
(predsjednica organizacijskog odbora)

prof. dr. sc. Ana Meštrović, Sveučilište u Rijeci, FIDIT, Hrvatska
izv. prof. dr. sc. Lucia Načinović Prskalo, Sveučilište u Rijeci, FIDIT, Hrvatska
doc. dr. sc. Slobodan Beliga, Sveučilište u Rijeci, FIDIT, Hrvatska
Marina Žunić, Sveučilište u Rijeci, FIDIT, Hrvatska
Kristina Host, Sveučilište u Rijeci, FIDIT, Hrvatska



Skup INFCON25 održan je uz potporu projekta **AI4GovAccelerate** – *Artificial Intelligence for Next-Generation Government Services (Digital Europe Programme, Grant Agreement No. 101190043)*.

Uvodno slovo

Znanstveni skup doktorskih studenata informatike INFCON25, koji se ove godine održava 24. i 25. listopada 2025. u Rijeci, predstavlja četvrto izdanje susreta posvećenog povezivanju doktoranada, mladih istraživača, mentora i profesora iz područja informacijskih znanosti te srodnih disciplina koje povezuju tehnologiju, društvo i znanost, u zajedničkom dijalogu o inovacijama i digitalnoj budućnosti. Skup se tradicionalno održava u organizaciji Fakulteta informatike i digitalnih tehnologija Sveučilišta u Rijeci, a ove se godine po prvi put održava u novootvorenom prostoru InnovaLabu – inovacijskog laboratorija koji simbolizira spoj znanosti, kreativnosti i tehnologije. Održavanje skupa u InnovaLabu naglašava njegovu misiju – poticati istraživački duh, interdisciplinarnost i otvorenost prema inovacijama.

INFCON se kontinuirano održava već četvrtu godinu zaredom, bilježeći sve veći interes doktoranada i znanstvene zajednice. Ove godine zabilježeno je dvadeset prijavljenih i prezentiranih radova, koji zajedno tvore vrijedan doprinos razvoju doktorskih istraživanja u području informatike i srodnih disciplina. INFCON se time oblikuje kao svojevrsni laboratorij znanstvene prakse doktoranada, tj. mjesto na kojem usavršavaju vještine znanstvenog izvještavanja, razmjenjuju iskustva te se povezuju unutar dokorskog studija Informatika, ali i s doktorandima koji se bave srodnim područjima. Skup je osmišljen kao poticajno okruženje za razmjenu istraživačkih ideja, razvoj kompetencija i suradnju između akademske i industrijske zajednice.

INFCON25 okuplja doktorande i istraživače s deset visokoškolskih i znanstvenih institucija. Većinu čine doktorandi Fakulteta informatike i digitalnih tehnologija Sveučilišta u Rijeci, upisani na doktorski studij Informatika, među kojima su i oni koji djeluju na različitim sastavnicama i veleučilištima diljem Hrvatske. Posebno je vrijedno sudjelovanje gostujućih doktoranada s drugih sveučilišta – s Fakulteta elektrotehnike i računarstva te Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Ekonomskog fakulteta i Fakulteta biotehnologije i razvoja lijekova Sveučilišta u Rijeci, Veleučilišta u Rijeci, Veleučilišta Aspira iz Splita te s DOBA Fakulteta iz Maribora (Slovenija) – koji su INFCON prepoznali kao mjesto dijaloga, umrežavanja i razmjene istraživačkih iskustava. Takva raznolikost perspektiva daje skupu prepoznatljiv interdisciplinarni karakter i dodatnu znanstvenu vrijednost.

Program skupa obuhvatio je četiri sekcije izlaganja doktoranada te niz popratnih aktivnosti koje dodatno osnažuju njegov istraživački karakter. Program je obogaćen dvama pozvanim predavanjima uglednih stručnjaka. Prof. dr. sc. Ivica Botički (Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva) održao je inspirativno izlaganje „*Learning Comes Alive: How Robots and AI Are Shaping the Future of Education*“, dok je prof. dr. sc. Markus Schatten (Sveučilište u Zagrebu, Fakultet organizacije i informatike) u poticajnom predavanju „*Znanost o dizajnu u eri umjetne inteligencije: metode, izazovi i primjeri dobre prakse*“ predstavio aktualne metode, izazove i primjere dobre prakse u području dizajna i umjetne inteligencije. Uz to su održana tri informativna i stručna izlaganja: predstavljanje Doktorske škole Sveučilišta u Rijeci (izv. prof. dr. sc. Sanja Dugonjić Jovančević), predavanje stručnjaka iz Sveučilišnog računskog centra (SRCE) o ulozi centra u edukaciji istraživača (dr. sc. Dejana Carić, Kristijan Dekanić, dr. sc. Slaven Mihaljević) te izlaganje predstavnica Sveučilišnog centra za istraživanje i inovacije (Lea Perinić i Martina Vižintin) o jačanju inovacijske kulture među mladim istraživačima. Posebno zanimljiva bila je panel rasprava dr. sc. Ive Botunca (Alfatec Group, CroAI) pod naslovom „*Nije pitanje hoćeš li koristiti AI za doktorat, nego kako ćeš ga koristiti pametno*“, koja je otvorila važna pitanja odgovorne i svrsishodne primjene umjetne inteligencije u znanstvenom istraživanju.

Radovi predstavljeni na INFCON25 obuhvaćaju iznimno širok spektar tema koje povezuju informacijske znanosti, računarstvo i interdisciplinarna istraživanja. Raspon istraživačkih pristupa kreće se od umjetne inteligencije, strojnog i dubokog učenja, obrade prirodnoga jezika (NLP) i modeliranja kompleksnih mreža, preko obrazovnih tehnologija, metaverzuma, igrifikacije i digitalnih blizanaca, pa sve do IoT rješenja, biotehničkih primjena umjetne inteligencije te istraživanja u području psihologije, ekonomije, etike i društvenih učinaka digitalizacije. Ovakav tematski raspon potvrđuje interdisciplinarni karakter INFCON-a i njegovo usmjerenje prema razumijevanju tehnologije ne samo kao tehničkog, nego i kao društvenog i humanističkog fenomena. Svi sažeci radova uključeni u ovaj zbornik prošli su recenzijski postupak koji su proveli članovi Programskog odbora, čime se osigurava znanstvena kvaliteta i vjerodostojnost predstavljenih istraživanja.

INFCON25 nastavlja misiju započetu prethodnih godina – stvaranje prostora u kojem mladi istraživači mogu predstaviti rezultate svojih istraživanja, razmijeniti ideje, dobiti poticajne povratne informacije i razvijati nove suradnje. Ovaj skup pokazuje da znanstvena izvrsnost nije samo u postignutim rezultatima, već i u otvorenosti, dijalogu i spremnosti na zajedničko učenje.

Uredništvo Zbornika sažetaka INFCON25 izražava iskrenu zahvalu svima koji su doprinijeli uspješnoj organizaciji i provedbi skupa – sudionicima, članovima programskog i organizacijskog odbora, recenzentima, mentorima i suradnicima. Posebna zahvala upućuje se onima koji su svečano otvorili skup: prof. dr. sc. Senki Maćešić, v. d. prorektorici za znanost, umjetnost i digitalizaciju Sveučilišta u Rijeci i prof. dr. sc. Patriziji Pošćić, dekanici Fakulteta informatike i digitalnih tehnologija Sveučilišta u Rijeci. Zahvalnost se upućuje i Sveučilištu u Rijeci te Fakultetu informatike i digitalnih tehnologija na kontinuiranoj podršci razvoju doktorskog studija i promicanju kulture istraživanja.

INFCON25 nije samo znanstveni skup – on je potvrda da znanost živi kroz suradnju, kreativnost i zajedničku strast prema otkrivanju novih znanja.

Urednici zbornika:

prof. dr. sc. Ana Meštrović, voditeljica doktorskog studija Informatika
izv. prof. dr. sc. Martina Ašenbrener Katić
doc. dr. sc. Slobodan Beliga

Rijeka, 25. listopada 2025.

Sadržaj

IMPRESUM	I
----------------	---

UVODNO SLOVO	IV
--------------------	----

POZVANA PREDAVNJA:

IVICA BOTIČKI:

LEARNING COMES ALIVE: HOW ROBOTS AND AI ARE SHAPING THE FUTURE OF EDUCATION	1
---	---

MARKUS SCHATTEN:

ZNANOST O DIZAJNU U ERI UMJETNE INTELIGENCIJE: METODE, IZAZOVI I PRIMJERI DOBRE PRAKSE	2
--	---

IZLAGANJA:

LUKA BLAŠKOVIĆ:

RELIABLE BIOMEDICAL NLP VIA ONTOLOGY INTEGRATION: LEVERAGING UMLS TO ALIGN LANGUAGE MODELS WITH CLINICAL TERMINOLOGIES AND USE CASES	4
--	---

VANJA ČOTIĆ POTURIĆ:

ADAPTIVNI ALGORITAM ZA PERSONALIZIRANE PREPORUKE RIZIČNIM STUDENTIMA.....	6
---	---

NINA DOBŠA:

PREPOZNAVANJE POVEZANOSTI RIJEČI I EMOCIJA KORIŠTENJEM REPREZENTACIJA RIJEČI U NEURONSKIM JEZIČNIM MODELIMA	8
---	---

DAJANA MARNIKA:

KAKO AI ALATI MOGU POMOĆI U IZRADI PREGLEDA ZNANSTVENOG PODRUČJA?	10
---	----

FILIP MARTINOVIĆ:

TOWARDS GAME LEVEL GENERATION THROUGH LLM AND GAN	12
---	----

MARTA MEDIJA:

UTJECAJ SOCIJALNE ISOLACIJE NA KONCENTRACIJU NEUROTRANSMITERA I PARAMETRE MREŽA SOCIJALNIH INTERAKCIJA KOD VINSKE MUŠICE	14
--	----

ANA PASARIĆ:

BUILDING TRUSTWORTHY KNOWLEDGE: DATA QUALITY AND VALIDATION PROTOCOLS FOR EDUCATIONAL KNOWLEDGE GRAPHS.....	16
---	----

GORAN PAULIN:

METODA PRIMJENE ADAPTIVNOG SINTSETA ZA DETEKCIJU OBJEKATA SNIMLJENIH DRONOM U MISIJAMA TRAGANJA I SPAŠAVANJA	19
--	----

MILAN PETROVIĆ:

ANALIZA DRUŠTVENIH INTERAKCIJA <i>DROSOPHILA MELANOGASTER</i> KORIŠTENJEM KOMPLEKSNIH MREŽA.....	21
--	----

ANA PETROVIĆ:

TOWARDS SMART AND SOCIALLY INTEGRATED LEARNING: A SYSTEMATIC REVIEW OF LMS, SOCIAL MEDIA AND AI SYNERGIES.....	24
--	----

IVAN TUDOR:

INTEGRACIJA SUSTAVA PREPORUKA I DIGITALNIH BLIZANACA ZA DINAMIČKO PERSONALIZIRANO UČENJE U VISOKOM OBRAZOVANJU	26
--	----

ANA VRCELJ BOŽIĆ:

RAZVOJ IGRIFICIRANOG SUSTAVA KAO TEMELJ ZA IZGRADNJU TEHNOLOŠKO-PEDAGOŠKOG OKVIRA IGRIFIKACIJE	28
--	----

IVAN VRSALOVIĆ:

OTKRIVANJE NAPUŠTENE PRTLJAGE: GENERIRANJE I TESTIRANJE RIJETKIH SCENARIJA	30
--	----

ĐURĐICA VUKIĆ:

ETIČKA PRIMJENA UMJETNE INTELIGENCIJE U STUDIJIMA: SUSTAVNI PREGLED LITERATURE.....	32
---	----

VIŠNJA SMOJE:

UTJECAJ DIGITALIZACIJE I AI TEHNOLOGIJA NA SAMOZAPOŠLJAVANJE.....	34
---	----

ANAMARIJA ZRON:

PROCJENA PSIOMETRIJSKIH SVOJSTAVA SKALE STAVOVA PREMA UMJETNOJ INTELIGENCIJI (AIAS-4) U HRVATSKOJ POPULACIJ
MLADIH..... 36

ADRIANA ZUBOVIĆ:

SMART VINEYARD SALT-MITIGATION: AN IoT-ENABLED STRATEGY TO PROTECT DALMATIAN GRAPEVINES FROM
BURA-DRIVEN SEA-SALT STRESS..... 39

MARINA ŽUNIĆ:

METAVERZUM I EDUKACIJSKA ROBOTIKA U OSNOVNOŠKOLSKOM OBRAZOVANJU: ANALIZA PEDAGOŠKIH MODELA I ISKUSTAVA
UČITELJA I UČENIKA..... 41

ALESANDRO ŽUŽIĆ:

PREGLED DOSADAŠNJIH METODA ZA GENERIRANJE SUČELJA PROCESNO ORIJENTIRANIH APLIKACIJA TEMELJENIH NA BPMN
MODELIMA..... 44

LUCIJA ŽUŽIĆ:

SEGMENTACIJA SLIKA KORIŠTENJEM MODELA SPECIFIČNIH ZA POJEDINU KLASU TEMELJENIH NA DUBOKOM UČENJU,
GAUSSOVOJ MJEŠAVINI I BAYESOVOJ VJEROJATNOSTI 47



POZVANA PREDAVANJA

Prof. dr. sc. Ivica Botički

Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva

Zavod za primijenjeno računarstvo

Unska 3, 10000 Zagreb, Hrvatska

ivica.boticki@fer.unizg.hr



Learning Comes Alive: How Robots and AI are Shaping the Future of Education

Step into the future of education as we explore the thrilling shift from large language models to AI systems that interact physically in real classrooms. This talk spotlights the *MetaRoboLearn* project, featuring a cutting-edge educational robot seamlessly integrated with virtual avatars and intuitive programming tools to transform how students learn. Experience how the combination of robotics, sensors, and generative AI is creating highly interactive, personalized, and engaging learning environments. We will also examine the broader impact of this new wave of AI, including its potential to drive progress toward AGI and the ethical opportunities and challenges of bringing physically embodied AI into everyday education.

Prof. dr. sc. Markus Schatten

Sveučilište u Zagrebu, Fakultet organizacije i informatike

Laboratorij za umjetnu inteligenciju

Pavlinska 2, 42000 Varaždin, Hrvatska

mschatte@foi.unizg.hr



Znanost o dizajnu u eri umjetne inteligencije: metode, izazovi i primjeri dobre prakse

Znanost o dizajnu (engl. *Design Science Research – DSR*) istraživački je pristup usmjeren na stvaranje i evaluaciju inovativnih artefakata koji rješavaju konkretne probleme te istodobno doprinose znanstvenom znanju. Za razliku od tradicionalnih znanosti koje objašnjavaju postojeće fenomene, DSR gradi „znanost o umjetnom“, povezujući praktična rješenja s teorijskim spoznajama. U informacijskim znanostima DSR omogućuje razvoj konstrukata, modela, metoda i implementacija kroz iterativan ciklus dizajna i evaluacije. Umjetna inteligencija dodatno proširuje potencijal DSR-a automatizacijom, personalizacijom i generiranjem novih dizajnerskih rješenja. Primjer takve sinergije je projekt „Svjetovi znanja“, edukativna MMORPG igra koja koristi LLM agente za interaktivne NPC-jeve temeljem nastavnih materijala. Projekt pokazuje kako DSR i AI zajedno omogućuju razvoj inovativnih obrazovnih alata koji povećavaju motivaciju, individualiziraju učenje i stvaraju mjerljiv znanstveni doprinos.



IZLAGANJA

Luka Blašković

Sveučilište Jurja Dobrile u Puli, Fakultet informatike u Puli, Pula, Hrvatska
luka.blaskovic@unipu.hr

Reliable Biomedical NLP via Ontology Integration: Leveraging UMLS to Align Language Models with Clinical Terminologies and Use Cases

Ontologies provide a shared, formal specification of a conceptualization for a domain. They enumerate domain entities, their relationships, and the constraints on their use, enabling machines to reason with terms that humans use intuitively [1]. In biomedical informatics, the Unified Medical Language System (UMLS) is a vast ontology built and updated by the U.S. National Library of Medicine (NLM). UMLS integrates many biomedical vocabularies and standards (e.g., SNOMED CT, ICD, MeSH, RxNorm) to enable interoperability and terminology mapping [2]. As of the 2025AA release, the Metathesaurus contains roughly 3.45 million concepts and 17.1 million names drawn from 190 source vocabularies. Such scale and heterogeneity make it challenging for natural language processing (NLP) systems to link text mentions to their Concept Unique Identifiers (CUIs). Even a seemingly simple diagnosis like myocardial infarction illustrates the point: clinicians may refer to “MI” or “heart attack” yet map to the same underlying medical concept under a common CUI. Moreover, abbreviations like “MI” can also stand for other conditions or metrics, such as “Mitral Insufficiency” or “Mental Illness”, so context matters.

Our literature review confirms a broad gap: existing biomedical entity linkers, whether lexical matchers or neural models, struggle with synonymy, polysemy, and evolving concept definitions. Moreover, current datasets cover only a small fraction of UMLS concepts, and models often fail to link rare or ambiguous terms in PubMed abstracts or clinical notes [3]. This gap extends to downstream NLP tasks such as summarization, question answering, and clinical decision support, where ungrounded language models may hallucinate or misinterpret medical concepts.

To address these challenges, we investigated several approaches that combine large language models (LLMs) with UMLS-based resources. First, we developed an agentic entity-linking pipeline that uses an LLM to plan a multi-step linking strategy: generate candidate CUIs via lexical and embedding retrieval; filter candidates by semantic type; expand candidate sets via relation-graph neighbours; and verify preferred terms and definitions against context. This design grounds the model in UMLS primitives while allowing flexible reasoning. In experiments on PubMed abstracts (MedMentions ST21pv subset), our agent achieved markedly higher top-1 accuracy than baseline lexical matchers and neural bi-encoders such as SapBERT, BioBERT, and QuickUMLS [4]. Second, we evaluated a retrieval-augmented QA workflow on synthetic electronic health records (EHRs) and conducted natural-language-to-SQL (NL2SQL) transformation on MIMIC-III/SQL datasets. We compared several LLM families (proprietary and open) under privacy-preserving deployment and found that RAG systems produced clinically faithful summaries and answers when supported by relevant documents. However, NL2SQL generation for EHRs remained brittle: small shifts in query phrasing or schema abbreviations led to syntax errors or incorrect joins, and mismatches related to medical abbreviations dominated failure cases [5].

Our literature review provides further context for these findings. Surveys and systematic evaluations indicate that biomedical entity linking remains an unsolved problem, with models struggling to disambiguate terms that have many aliases or overlapping surface forms. Annotated corpora cover only a tiny fraction of UMLS concepts, forcing systems to

operate in a zero-shot regime. Even carefully unified resources like UMLS lack synonyms or definitions for many entries [3, 5, 6].

Our work addresses some of these gaps by showing that an ontology-aware agent can substantially improve entity-linking accuracy and by highlighting the strengths of retrieval-augmented QA versus the fragility of NL2SQL. Going forward, we will build on this foundation by incorporating new agentic LLM approaches that more deeply integrate UMLS and related ontologies. Planned directions include: (1) ontology-aware normalization that maps user queries to CUIs before slotting database schemas; (2) constraint-aware decoding that enforces semantic-type and relation-graph consistency during generation; (3) RAG pipelines that retrieve both patient-specific context and UMLS definitions to guide summarization and decision support; (4) scalable, trainable re-rankers that learn from UMLS structure while remaining interpretable; and (5) evaluations on larger, multilingual PubMed corpora and real EHR systems, with attention to privacy and fairness. By grounding LLMs in medical ontologies and equipping them with symbolic tools, we aim to bridge the performance gap in biomedical entity linking and develop more reliable task-specific NLP systems.

Keywords – *natural language processing (NLP), biomedical entity linking, unified medical language system (UMLS), large language model (LLM)*

References

- [1] National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, “Understanding Ontologies” in *Ontologies in the Behavioral Sciences: Accelerating Research and the Spread of Knowledge*, A. S. Beatty and R. M. Kaplan, Eds. Washington, DC: National Academies Press, 2022, ch. 3
- [2] O. Bodenreider, “The Unified Medical Language System (UMLS): integrating biomedical terminology,” *Nucleic Acids Res.*, vol. 32, Database issue, pp. D267–D270, Jan. 2004.
- [3] D. Kartchner, J. Deng, S. Lohiya, T. Kopparthi, P. Bathala, D. Domingo-Fernández, and C. S. Mitchell, “A Comprehensive Evaluation of Biomedical Entity Linking Models,” in *Proc. 2023 Conf. Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP)*, 2023, pp. 14462–14478.
- [4] L. Blašković, I. Ipšić and N. Tanković, “Tool-Augmented Large Language Model Agents for UMLS Entity Linking”, unpublished
- [5] L. Blašković, N. Tanković, I. Lorencin and S. B. Šegota, “Robust Clinical Querying with Local LLMs: Lexical Challenges in NL2SQL and Retrieval-Augmented QA on EHRs”, unpublished
- [6] D. Kartchner, J. Deng, S. Lohiya, T. Kopparthi, P. Bathala, D. Domingo-Fernández, and C. S. Mitchell, “A Comprehensive Evaluation of Biomedical Entity Linking Models,” in *Proceedings of the 2023 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*, 2023, pp. 14462–14478

Adaptivni algoritam za personalizirane preporuke rizičnim studentima

U okviru istraživanja za potrebe izrade doktorske disertacije namjerava se razviti Sustav za identifikaciju (ne)uspjeha i personalizirano adaptivno usmjeravanje u visokoškolskom matematičkom obrazovanju. Istraživanje se temelji na metodologiji Znanosti o dizajniranju (engl. Design Science Research) koja omogućuje iterativan razvoj i evaluaciju artefakata u autentičnom obrazovnom okruženju [1, 2].

Sustav je koncipiran kao modularni artefakt koji obuhvaća tri međusobno povezana modula. Prvi je analitički modul, zasnovan na bodovnom klasifikacijskom prediktivnom modelu, koji na temelju obrazovnih i psihometrijskih podataka provodi tjednu procjenu rizika te klasificira studente na rizične i nerizične. Drugi je modul za personalizirane preporuke, koji klasifikacijske rezultate prevodi u višerazinske povratne poruke prilagođene statusu rizika, njegovom intenzitetu te relevantnim varijablama čije vrijednosti nisu dostignute u pojedinom tjednu. Treći je komunikacijski sloj, implementiran kroz aplikacijsko sučelje, koji osigurava pravodobnu i personaliziranu distribuciju poruka studentima i uvid nastavnicima. Integracija ovih modula omogućuje da sustav djeluje kao koherentan instrument potpore obrazovnom odlučivanju, pri čemu se analitički rezultati transformiraju u praktične i pedagoški relevantne preporuke. Modularni dizajn dodatno osigurava fleksibilnost i nadogradivost, jer se pojedini moduli mogu neovisno unaprjeđivati, zamijeniti ili ponovno koristiti u drugim obrazovnim kontekstima.

U prvom dijelu istraživanja dizajniran je prediktivni klasifikacijski model u formi bodovnog sustava na temelju kojeg se vrši predikcija (ne)uspjeha studenata u svakom nastavnom tjednu [3].

Nakon dizajniranja klasifikacijskog prediktivnog modela potrebno je definirati povratne poruke s preporukama koje će rizični studenti primati. Svrha tih preporuka je smanjenje rizika od pada kolegija. Kako bi usmjeravanje studenata bilo personalizirano i adaptivno kroz različite nastavne tjedne, potrebno je preporuke definirati u skladu s tjednim graničnim bodovima koji odvajaju rizične od nerizičnih studenata i tjednom (ne)aktivnošću studenata.

Kako bi se interpretabilni klasifikacijski prediktivni model mogao primijeniti u pedagoškom kontekstu, u drugom dijelu istraživanja razvijen je sustav za generiranje personaliziranih povratnih poruka studentima. Povratne poruke studentima koncipirane su kao višerazinski sustav koji obuhvaća tri razine poruka.

Poruku prve razine dobivaju svi studenti. Ona sadrži informaciju o broju ostvarenih tjednih bodova te oznaku rizika temeljem klasifikacije u tom nastavnom tjednu.

Poruku druge razine u obliku motivacijskog ohrabrenja primaju studenti kod kojih je u odnosu na prethodni tjedan zabilježen značajan napredak, primjerice prelazak iz rizične u nerizičnu skupinu ili povećanje tjednih bodova iznad definiranog praga.

Poruku treće razine također dobivaju svi studenti, ali s različitim sadržajem. Nerizični studenti dobivaju poruku da u tom tjednu nisu potrebne dodatne aktivnosti, čime se potvrđuje da je njihovo dotadašnje sudjelovanje dostatno. Rizični studenti dobivaju personalizirane preporuke obrazovnih resursa i strategija. Preporuke su koncipirane tako da odgovaraju specifičnim razinama rizika te odražavaju ciljeve definiranih aktivnosti podrške.

Adaptivni algoritam preporuka počiva na konceptu relevantnosti po tjednima i na hijerarhiji važnosti, odnosno slijedi dva načela: (1) preporuke se izvode samo iz prediktora koji su u danom nastavnom tjednu relevantni, (2) hijerarhija važnosti je fiksna i definirana je redoslijedom preporuka u podskupu preporuka za nastavni tjedan t. Dodatno, algoritam diferencira tri skupine rizika (visoki, srednji i niski rizik) prema ukupnim tjednim bodovima, a preporuke se prilagođavaju na temelju prediktora za koje student nije ostvario bodove u tom tjednu te se na taj način preporuka usmjerava na konkretne propuštene aktivnosti.

Ovaj adaptivni algoritam, kao i cjelokupni višerazinski sustav povratnih poruka, osmišljen je kako bi studentima pružio motivacijsku i orijentacijsku podršku u realnom vremenu te rizičnim studentima ponudio personalizirane strategije i nastavne resurse za smanjenje rizika od neuspjeha na kolegiju.

Ključne riječi – adaptivni algoritam, rizični studenti, personalizirane preporuke

Literatura

- [1] A. R. Hevner, S. T. March, J. Park, S. Ram, "Design Science in Information Systems Research," *MIS Quarterly*, vol. 28, no. 1, pp. 75-105, 2004.
- [2] K. Peffers, T. Tuunanen, M. A. Rothenberger, S. Chatterjee, "A Design Science Research Methodology for Information Systems Research," *Journal of Management Information Systems*, vol. 24, no. 3, pp. 45-77, 2007.
- [3] V. Čotić Poturić, S. Čandrlić, I. Dražić, "A Scoring Algorithm for the Early Prediction of Academic Risk in STEM Courses," *Algorithms*, vol. 18, no. 4, 2025.

Prepoznavanje povezanosti riječi i emocija korištenjem reprezentacija riječi u neuronskim jezičnim modelima

Obrada prirodnog jezika (engl. *Natural Language Processing, NLP*) područje je umjetne inteligencije koje se bavi automatskom računalnom obradom jezika [2]. NLP ima široku primjenu, a jedna od ključnih jest analiza emocija. Međutim, veliki izazov područja analize emocija predstavlja nedostatak označenih skupova podataka, budući da se njihovo označavanje provodi ručno, što je vremenski zahtjevno i skupo. Istraživačko pitanje ovog rada glasi: „Kako korištenjem neuronskih jezičnih modela izgraditi model koji prepoznaje emocije s visokom točnošću?“. Cilj istraživanja jest ispitati kako različiti načini predstavljanja riječi utječu na uspješnost modela u prepoznavanju emocija te utvrditi koji je pristup prikladniji za pojedine zadatke.

U tu svrhu, provedena su tri eksperimenta prepoznavanja prisutnosti emocija u riječima i rečenicama te prepoznavanja dominantne emocije u rečenici. Klasifikacija se provodi nad vektorskim reprezentacijama riječi generiranim pomoću neuronskih jezičnih modela *Word2Vec* i BERT. *Word2Vec* stvara statične reprezentacije koje ne ovise o kontekstu, dok BERT koristi arhitekturu transformera za dobivanje kontekstualnih reprezentacija značenja riječi. Modeli su prethodno trenirani, odnosno fino podešeni na skupu podataka *Emotion* [4] kako bi se poboljšala kvaliteta vektorskih reprezentacija. *Word2Vec* model (iz *Gensim* Python biblioteke) je treniran korištenjem dvaju pristupa: neprekidne vreće riječi (engl. *Continuous Bag of Words, CBOW*) i *Skip gram* metode. S druge strane, predtrenirani BERT model (*bert-base-uncased* iz *Transformers* Python biblioteke) fino je podešen zamrzavanjem donjih slojeva mreže i optimizacijom gornjih. Za klasifikaciju je korištena dvosmjerna mreža dugog kratkoročnog pamćenja (engl. *Bidirectional Long Short-Term Memory, BiLSTM*), varijanta rekurentne neuronske mreže koja uzima u obzir cijeli kontekst rečenice i bolje pamti udaljene veze u tekstu. Evaluacija modela provedena je pomoću peterostruke unakrsne validacije, a kao mjere uspješnosti korištene su točnost, *F1* mjera i ROC AUC.

Prvi eksperiment ispituje prisutnost emocija u riječima korištenjem NRC leksikona emocija [3], koji sadrži 14.182 riječi označenih s osam osnovnih emocija (kao što su ljutnja, radost, tuga). Budući da manji broj riječi ne sadrži određenu emociju, a veći sadrži, pojavljuje se problem neuravnoteženosti veličina klasa u leksikonu zbog čega su postignute visoke vrijednosti točnosti (iznad 0,90) i niske *F1* mjere (ispod 0,26). Najbolje rezultate ostvarile su reprezentacije generirane *Word2Vec Skip gram* modelom (primjerice za emociju tuge točnost – 0,92, *F1* mjera – 0,27, ROC AUC – 0,79), dok su rezultati nad BERT reprezentacijama slabiji i nestabilniji (primjerice za emociju tuge točnost – 0,91, *F1* mjera – 0,07, ROC AUC – 0,69) jer u klasifikaciji izoliranih riječi prednost kontekstualnih reprezentacija ne dolazi do izražaja.

Drugi eksperiment usmjeren je na predviđanje prisutnosti emocija u rečenicama korištenjem *GoEmotions* [1] skupa podataka, koji sadrži 58.000 komentara s društvenih mreža označenih s 27 emocija. Neuravnoteženost veličina klasa u skupu podataka ponovno je rezultirala visokom točnošću (iznad 0,96) te nižim *F1* vrijednostima (0,28 – 0,48). BERT reprezentacije su u ovom zadatku postigle najbolje rezultate (primjerice za emociju tuge točnost – 0,98, *F1* mjera – 0,43, ROC AUC – 0,93), iako razlika u odnosu na *Word2Vec* reprezentacije nije velika (primjerice za *Word2Vec Skip gram* i emociju tuge točnost – 0,97, *F1* mjera – 0,27, ROC AUC – 0,79).

Treći eksperiment ispituje prepoznavanje dominantne emocije u rečenici pomoću ISEAR [5] skupa podataka, koji sadrži 7.666 opisa situacija u kojima su sudionici doživjeli jednu od sedam emocija (ljutnja, gađenje, krivnja, tuga, sram, strah i radost). Ovaj je zadatak složeniji jer se klasifikacija provodi u sedam klasa, dok su prethodni eksperimenti provodili binarnu klasifikaciju. BERT reprezentacije u ovom slučaju postižu uvjerljivo najbolje rezultate (točnost – 0,63), dok *Word2Vec Skip gram* ostvaruju nešto slabije (točnost – 0,54), a CBOW najniže rezultate (točnost – 0,51). Iz prosječnih matrica konfuzije uočavamo da klasifikator često mijenja emociju krivnje i srama te ljutnje i gađenja, što odražava semantičku bliskost navedenih emocija.

Rezultati pokazuju da je prepoznavanje emocija izuzetno složen zadatak, kako za ljude, tako i za modele. Fino podešavanje BERT modela trajalo je 7 sati, dok je treniranje *Word2Vec* modela trajalo svega tri minute. BERT, iako zahtjevniji za fino podešavanje, daje bolje rezultate u složenijim zadacima gdje je kontekst presudan. S druge strane, *Word2Vec* je jednostavniji za treniranje i korištenje, a često daje zadovoljavajuće rezultate u jednostavnijim zadacima. Kod *Word2Vec* modela, *Skip gram* pristup se pokazao uspješnijim od CBOW-a u svim eksperimentima. Zaključujemo da izbor modela ovisi o prirodi zadatka i kompromisu između brzine treniranja i kvalitete vektorskih reprezentacija koje želimo postići.

Ključne riječi – obrada prirodnog jezika (NLP), analiza emocija, rekurentne neuronske mreže, Word2vec, BERT

Literatura

- [1] D. Demszky, D. Movshovitz-Attias, J. Ko, A. Cowen, G. Nemade, and S. Ravi, “GoEmotions: A Dataset of Fine-Grained Emotions”, u *Proceedings of the 58th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, D. Jurafsky, J. Chai, N. Schluter, and J. Tetreault, Eds. Association for Computational Linguistics, 2020, pp. 4040–4054.
- [2] Y. Goldberg, *Neural Network Methods in Natural Language Processing, Synthesis Lectures on Human Language Technologies*, G. Hirst, Ed. Toronto: Morgan & Claypool, 2017.
- [3] S. Mohammad and P. Turney, “Crowdsourcing a Word-Emotion Association Lexicon,” *Computational Intelligence*, vol. 29, no. 3, pp. 436–465, 2013.
- [4] E. Saravia, H. T. Liu, Y. Huang, J. Wu, and Y. Chen, “CARER: Contextualized Affect Representations for Emotion Recognition”, u *Proceedings of the 2018 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*, E. Riloff, D. Chiang, J. Hockenmaier, and J. Tsujii, Eds. Brussels: Association for Computational Linguistics, 2018, pp. 3687–3697.
- [5] K. R. Scherer and H. G. Wallbott, “Evidence for universality and cultural variation of differential emotion response patterning”, *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 66, pp. 310–328, 1994.

Kako AI alati mogu pomoći u izradi pregleda znanstvenog područja?

Učenje predstavlja proces usvajanja znanja kojim se oblikuju profesionalne kompetencije učenika i studenata korištenjem strukturiranih postupaka kao što su predavanja, čitanje, izrada zadataka i testiranje [1]. Pisani zadaci – eseji, pregledi literature i sažetci – posebno su zahtjevni jer traže temeljito razumijevanje problematike, upravljanje velikim količinama informacija, razvijanje kritičkog mišljenja i jasno izražavanje. Takvi zadaci moraju ispunjavati visoke kriterije točnosti, argumentiranosti i logičke utemeljenosti uz osiguravanje strukturne koherentnosti, a istovremeno ostati originalni i kreativni [2]. U tom kontekstu, sve veću ulogu dobiva generativna umjetna inteligencija nudeći rješenja za izazove akademskog pisanja.

Generativna umjetna inteligencija oblikovana je tako da na temelju korisničkih upita generira nove podatke i sadržaje [1]. U akademskom kontekstu njezina se primjena sve više širi: koristi se za izradu istraživačkih radova, generiranje pregleda literature, poboljšanje strukture tekstova te olakšavanje artikulacije složenih ideja [3]. Takvi alati funkcioniraju kao sofisticirani pretraživači sposobni za prilagođena objašnjenja i kontekstualne uvide, ali i kao personalizirani, interaktivni asistenti za učenje [4]. U ulozi digitalnih mentora [5] smanjuju pritisak pisanja i kognitivno opterećenje učenika i studenata, dok istovremeno povećavaju njihovu angažiranost, sposobnost evaluacije informacija i kritičkog promišljanja [1].

Pregled literature u bazama Scopus i Web of Science pokazuje nedostatak sveobuhvatnih analiza koje uravnoteženo razmatraju prednosti i rizike primjene umjetne inteligencije u akademskom pisanju, posebno u kontekstu akademskog nepoštenja. Budući da su prve istraživačke studije objavljene tek krajem 2022. godine, dosadašnji uvidi ne prate brzi razvoj generativnih alata. Posebno je izražena praznina u razumijevanju načina na koji studenti mogu zadržati vlastiti akademski izričaj [4] dok koriste ove tehnologije, što otvara važan pravac za buduća istraživanja.

Polazište ovoga rada je istraživačko pitanje: Na koji način generativna umjetna inteligencija može podržati izradu pregleda znanstvenog područja i koje aspekte akademskog pisanja pritom najviše unapređuje? Analiza je provedena kroz šest ključnih domena primjene [2]: (1) generiranje ideja i dizajna istraživanja, (2) poboljšanje sadržaja i strukturiranja, (3) podrška pregledu i sintezi literature, (4) upravljanje i analiza podataka, (5) uređivanje, recenziranje i objavljivanje te (6) komunikacija, informiranje i etička usklađenost.

Svako od navedenih područja omogućava specifične doprinose u akademskom radu. U generiranju ideja i dizajnu istraživanja, alati kao što su ChatGPT i Scideator pomažu u brzom oblikovanju istraživačkih pitanja uz identificiranje praznina u literaturi i predlaganje hipoteza. Ovime se ubrzava početna faza istraživačkog procesa i potiče kreativno razmišljanje. U domeni poboljšanja sadržaja i strukturiranja, alati kao što su HyperWrite i Paperpal, olakšavaju proširenje teksta, prediktivno pisanje i automatsko dovršavanje rečenica, čime se postiže koherentna i logički organizirana struktura rada. Podrška pregledu i sintezi literature predstavlja posebno kritičnu domenu obzirom na potrebu obrađivanja velike količine informacija. Alati poput Rayyana omogućuju brzo pretraživanje i filtriranje relevantnih radova, dok Sourcely automatski generira sažetke i analizira ključne nalaze iz različitih studija, čime se štedi vrijeme i povećava preciznost sinteze literature. U

okviru upravljanja i analize podataka, generativni alati pomažu u strukturiranju, vizualizaciji i interpretaciji složenih skupova podataka. Research Rabbit i Connected Papers omogućuju identifikaciju ključnih tema, trendova i povezanosti među radovima, što dodatno potiče kritičko razumijevanje istraživačkog konteksta. Peta i Šesta domena – uređivanje, recenziranje i objavljivanje te komunikacija, informiranje i etička usklađenost – također imaju važnu ulogu. Alati poput Trinka i Wordvice AI Proofreadera pomažu u lekturi, poboljšanju stila, provjeri citiranja i pridržavanju disciplinarnih standarda. Pritom, važna je transparentna uporaba i prijavljivanje korištenih alata.

Premda generativna umjetna inteligencija može znatno unaprijediti pisanje radova, njezina uporaba nosi i izazove – osobito u pogledu originalnosti sadržaja, potencijalne netočnosti i etičkih pitanja [3]. Modeli mogu proizvoditi konfabulacije, pogreške ili halucinacije [6], što je u znanstvenim istraživanjima iznimno problematično. Slijedom toga, nužno je održati ravnotežu između koristi tehnologije i ljudskog uvida [2]. Odgovorno i etičko primjenjivanje tehnologije može učenicima i studentima povećati učinkovitost, kvalitetu rada i brže izvršavanje složenih zadataka, dok neprikladna primjena može dovesti do eksplozije osrednjosti i gubitka vještina [7].

Zaključno, generativna umjetna inteligencija može značajno unaprijediti izradu pregleda znanstvenog područja, ali njezina buduća integracija zahtijeva jasne smjernice, osposobljavanje nastavnika, učenika i studenata te naglašavanje akademskog integriteta. Balansirana primjena može povećati učinkovitost i kvalitetu rada, istovremeno jačajući kritičko mišljenje i odgovorno istraživačko ponašanje [8].

Ključne riječi – generativna umjetna inteligencija, akademsko pisanje, pregled literature, akademski integritet

Literatura

- [1] G. Kurtz, M. Amzalag, N. Shaked, Y. Zaguri, D. Kohen-Vacs, E. Gal, G. Zailer, i E. Barak-Medina, „Strategies for integrating generative AI into higher education: Navigating challenges and leveraging opportunities,” *Education Sciences*, vol. 14, no. 5, Art. 503, 2024.
- [2] M. Khalifa i M. Albadawy, „Using artificial intelligence in academic writing and research: An essential productivity tool,” *Computer Methods and Programs in Biomedicine Update*, vol. 5, Art. 100145, 2024.
- [3] S. M. Qadhi, A. Alduais, Y. Chaaban, i M. Khraisheh, „Generative AI, Research Ethics, and Higher Education Research: Insights from a Scientometric Analysis,” *Information*, vol. 15, p. 325, 2024.
- [4] L. Sterling, C. Ye, H. Ying, i Z. Chen, „Finding Your Voice: Using Generative AI to Help International Students Improve Their Writing,” *Information*, vol. 16, p. 289, 2025.
- [5] R. H. Mogavi i sur., „ChatGPT in education: A blessing or a curse? A qualitative study exploring early adopters’ utilization and perceptions,” *Computers in Human Behavior: Artificial Humans*, vol. 1, Art. 100027, 2023.
- [6] T. Helms Andersen, T. M. Marcussen, A. D. Termannsen, T. W. H. Lawaetz, i O. Nørgaard, „Using artificial intelligence tools as second reviewers for data extraction in systematic reviews: A performance comparison of two AI tools against human reviewers,” *Cochrane Evidence Synthesis and Methods*, vol. 3, no. 4, e70036, 2025.
- [7] P. Mehrotra, „Chat-GPT and the magnet of mediocrity,” *The Edge*, Mar. 21, 2023.
- [8] S. R. Cooperman i R. A. Brandão, „AI assistance with scientific writing: Possibilities, pitfalls, and ethical considerations,” *Foot & Ankle Surgery: Techniques, Reports & Cases*, vol. 4, no. 1, 100350, 2024.

Towards Game Level Generation Through LLM and GAN

This extended summary will describe the paper that will be published in the ACSIS [1] journal. The paper was written as a part of our research on adaptive software systems. It examines the potential use of Large Language Models (LLMs) in the construction or improvement of these systems.

Adaptive software system is a system that analyses user behaviour and can personalize experience according to user needs. In the domain of video games, adaptive procedural content generation (PCG) aims to automatically generate game levels that adjust to a player's preferences. The challenge is to efficiently generate levels, while maintaining meaningful properties which affect gameplay experience, such as level difficulty. Traditional PCG techniques either rely on handcrafted rules, which constrain creativity, or require large datasets of human-designed levels, which are often unavailable for specific games. Generative models such as Generative Adversarial Networks (GANs) have been applied with success [2]. However, the problem of limited or unavailable training data is failed to be addressed. Another issue is the level playability. Generative models excel at generating levels that resemble real examples, but they often produce unplayable levels since they lack the fundamental understanding of the game. To address these limitations, a hybrid approach is proposed that combines LLMs and GANs for semantically controlled level generation. The classic game Snake was used as an environment to test the system. The system consists of a pipeline in which LLM generates diverse training data with difficulty annotations, and GANs subsequently learn to generate new levels efficiently. This approach leverages the semantic precision of LLMs and the computational efficiency of GANs.

The initial dataset consisted of 15 premade levels that are available online [3]. To expand this dataset, OpenAI GPT-4o is used combined with structured prompts and schema-constrained outputs [4], to generate new levels labeled as “easy” or “hard.” Playability was validated using the A* algorithm, ensuring that generated levels contained at least one valid path from the snake's starting position to all food items.

A user study was conducted to validate the model's ability to understand fundamental structural requirements and if generated levels difficulty matches the human perception. The study consisted of seven participants that rated 100 levels (50 easy, 50 hard) on a difficulty scale from 1 to 5. Their ratings were compared with LLM-assigned labels and structural features (wall density, number of turns, tight turns, etc.). Pearson correlation analysis was applied to determine if human perception aligns with the LLM classification.

The LLM-generated dataset (50 easy and 50 hard levels) was then used to train two separate GAN models, one for each difficulty. The GAN models design was based on the Wasserstein GAN architecture [5]. Hyperparameters of the models were fine-tuned to maximise playability.

Levels generated by the LLM showed high semantic control, with difficulty labels strongly correlating with user perceptions. Structural features such as *tight turn ratio*, *total number of turns* and *wall density* emerged as strong predictors of perceived difficulty. LLM managed to generate 100 playable, human-like levels. However, the process was computationally costly, requiring more than half a million of tokens and more than 30 minutes in total. On the other hand, once trained, GANs generated levels in under one

second, with playability rates of 87% for easy levels and 36% for hard levels. This confirmed that easy levels are structurally simpler for generative models, while hard levels require more complex spatial reasoning that current GANs struggle to capture. Despite their limitations in semantic control, GANs efficiently produced large quantities of new levels, which is valuable for systems that deal with large number of users.

This research demonstrates that combining LLMs and GANs provides a promising path toward semantically controlled and adaptive procedural content generation. LLMs can effectively generate diverse, high-quality, and semantically meaningful training data, while GANs enable efficient generation once trained. The research can be extended to other game genres or use cases. Finally, it can be a base for a true user-adaptive system that will generate content specifically tailored to each user based on the usage metrics.

Keywords – procedural content generation, generative adversarial networks, large language models, video games, adaptive systems

References

- [1] 'Annals of Computer Science and Information Systems | annals-csis.org'. Accessed: Sep. 26, 2025. Available: <https://annals-csis.org/>
- [2] V. Volz, J. Schrum, J. Liu, S. M. Lucas, A. Smith, and S. Risi, 'Evolving Mario Levels in the Latent Space of a Deep Convolutional Generative Adversarial Network', May 02, 2018, *arXiv:1805.00728*. doi: 10.48550/arXiv.1805.00728.
- [3] 'DarkSnakeGang/GoogleSnakeLevelEditor: Level Editor Mod for Google Snake'. Accessed: Apr. 08, 2025. Available: <https://github.com/DarkSnakeGang/GoogleSnakeLevelEditor>
- [4] 'Structured Outputs - OpenAI API'. Accessed: May 24, 2025. [Online]. Available: <https://platform.openai.com>
- [5] M. Arjovsky, S. Chintala, and L. Bottou, 'Wasserstein GAN', Dec. 06, 2017, *arXiv:1701.07875*. doi: 10.48550/arXiv.1701.07875.

Utjecaj socijalne izolacije na koncentraciju neurotransmitera i parametre mreža socijalnih interakcija kod vinske mušice

Društvene interakcije ključna su potreba ljudi i životinja te su oblikovane kompleksnom interakcijom između okolišnih i neurokemijskih faktora. Kod beskralježnjaka, biogeni amini poput dopamina (DA) i oktopamina (OA) ključni su regulatori društvenih interakcija, obrade nagrada i adaptivnih bihevioralnih odgovora [1, 2]. Nasuprot tome, socijalna izolacija značajan je faktor rizika za razvoj simptoma neuropsihijatrijskih poremećaja, kao što su anksioznost i depresija, jer ometa normalnu funkciju mozga mijenjajući neurotransmitterske sustave i oštećujući sinaptičku plastičnost. Kod vinske mušice *Drosophila melanogaster*, promijene u socijalnom okruženju mogu utjecati na udvaranje, agresiju, san i mreže socijalnih interakcije [3]. Analiza mreža socijalnih interakcija omogućuje razumijevanje kako se društvena komunikacija i veze mijenjaju u grupnom okruženju, promatranjem grupne dinamike i njihovih interakcija [4]. Takve studije koriste video snimanje i statističku analizu različitih parametara mreže kako bi istražile obrasce interakcije grupe i pojedinaca. Ovisno o tome kako je eksperiment postavljen, proučavanje ponašanja mušica omogućilo je istraživačima da identificiraju određene uvjete za društvene interakcije.

Glavni cilj ovog istraživanja je bio istražiti učinke dugotrajne socijalne izolacije na koncentraciju neurotransmitera i mreže socijalnih interakcije kod *D. melanogaster*. Glavna hipoteza je da socijalna izolacija mijenja koncentraciju neurotransmitera što utječe na društvene interakcije te dovodi do promijenjenih interakcija među pojedincima.

Kako bismo istražili odnos između socijalne izolacije i kemijskih promjena u mozgu, koncentracije DA i OA mjerene su u glavama izoliranih i grupiranih mužjaka *D. melanogaster* pomoću tekućinske kromatografije povezane s masenom spektrometrijom (LC-MS/MS). Nadalje, kako bismo utvrdili postoji li korelacija između neurokemijskih promjena i modifikacija ponašanja, zabilježili smo socijalne interakcije među skupinom od 12 mušica u kružnoj areni. Pokreti i interakcije mušica su zabilježeni pomoću *FlyTracker* programa te su analizirani pomoću računalnih skripti temeljenih na Pythonu, razvijenih za kvantificiranje kriterija socijalne interakcije [5]. Mjere za opis mreža su uključivale učestalost i trajanje kontakata između mušica, međuindividualnu udaljenost i parametre mreže kao što su koeficijent grupiranja (engl. *clustering coefficient*), stupnjevita centralnost (engl. *betweenness centrality*) i centralnost između pojedinaca (engl. *closeness centrality*). Na kraju, s obzirom na rezultate analize neurotransmitera i mreža socijalnih interakcija, istražili smo hoće li farmakološka manipulacija koncentracijama neurotransmitera; DA i OA, pojedinačno ili u kombinaciji, poništiti utjecaje petodnevne socijalne izolacije. Stoga, nakon suplementacije, izmjerili smo koncentracije neurotransmitera i analizirali smo parametre mreža socijalnih interakcija.

Naši rezultati ukazuju da socijalna izolacija remeti koncentraciju neurotransmitera i organizaciju društvene mreže kod *D. melanogaster*. Analiza neurotransmitera je pokazala značajno smanjenje koncentracije DA i OA kod izoliranih mušica u usporedbi s grupiranim kontrolama. Uočena smanjenja DA i OA podudaraju se s prethodnim dokazima koji povezuju socijalnu izolaciju s oštećenom monoaminergičkom signalizacijom i kod beskralježnjaka i kod sisavaca [6]. Nadalje, analiza mreža izoliranih mušica je pokazala

smanjenu učestalost i trajanje interakcije, te promijenjena svojstva mreža socijalnih interakcija. Kod izoliranih mušica dolazi do povećanja koeficijenta grupiranja te smanjenja mjera centralnosti, što odražava pomak prema manjim, prolaznim podskupinama, a ne prema kohezivnoj strukturi mreže. Takve promijene sugeriraju da socijalna izolacija ne samo da smanjuje količinu interakcija već i kvalitativno mijenja dinamiku grupe, favorizirajući fragmentirane i manje integrirane strukture. Slično tome, istraživanje Liu i suradnika je pokazalo promijene u parametrima mreža socijalnih interakcija nakon šest dana socijalne izolacije, također povećavajući koeficijent grupiranja [7]. S druge strane, suplementacija s DA i OA djelomično je poništila efekte socijalne izolacije. Mušice koje su dohranjene s DA pokazale su povećanu učestalost interakcija i djelomičnu normalizaciju mjera centralnosti. Suplementacija OA prvenstveno je poboljšala koeficijente grupiranja, što sugerira na različite doprinose ovih neurotransmitera na društvene mreže. Suplementacija s oba neurotransmitera (DA+OA) je proizvela najizraženije učinke, vraćajući i parametre grupiranja i centralnosti na razine usporedive s grupiranim kontrolama. Ovi rezultati ukazuju na sinergističke uloge DA i OA u regulaciji mreža socijalnih interakcija, što je u skladu s dokazima da ovi amini djeluju na djelomično preklapajuće, ali različite putove koji utječu na socijalno ponašanje [8].

Ključne riječi – socijalna izolacija, neurotransmiteri, mreže socijalnih interakcija, dopamin, oktopamin

Literatura

- [1] D. Yamamoto, M. Koganezawa, "Genes and circuits of courtship behaviour in *Drosophila* males." *Nat Rev Neurosci.* 2013 (doi:10.1038/nrn3567)
- [2] C. Burke, W. Huetteroth, D. Oswald et al. "Layered reward signalling through octopamine and dopamine in *Drosophila*" *Nature* 492, 433–437 2012, <https://doi.org/10.1038/nature11614>
- [3] R. S. P. Yadav, F. Ansari, N. Bera, C. Kent, P. Agrawal, "Lessons from lonely flies: Molecular and neuronal mechanisms underlying social isolation", *Neurosci Biobehav Rev.* 2024, doi:10.1016/j.neubiorev.2023.105504
- [4] R. Rooke, A. Rasool, J. Schneider, et al. "*Drosophila melanogaster* behaviour changes in different social environments based on group size and density" *Commun Biol* 3, 304 2020, <https://doi.org/10.1038/s42003-020-1024-zn>
- [5] M. Petrović, A. Meštrović, R. Andrećić Waldowski, A. Filošević Vujnović, "A network-based analysis detects cocaine-induced changes in social interactions in *Drosophila melanogaster*", *PLoS One.* 2023, doi:10.1371/journal.pone.0275795
- [6] A. Leng, J. Feldon, B. Ferger, "Long-term social isolation and medial prefrontal cortex: dopaminergic and cholinergic neurotransmission", *Pharmacol Biochem Behav.* 2004, doi:10.1016/j.pbb.2003.11.011
- [7] G. Liu, T. Nath, G. A. Linneweber, et al. "A simple computer vision pipeline reveals the effects of isolation on social interaction dynamics in *Drosophila*", *PLoS Comput Biol.* 2018, doi:10.1371/journal.pcbi.1006410
- [8] S. J. Certel, A. Leung, C. Y. Lin, P. Perez, A. S. Chiang, E. A. Kravitz, "Octopamine neuromodulatory effects on a social behavior decision-making network in *Drosophila* males", *PLoS One.* 2010, doi:10.1371/journal.pone.0013248

Building Trustworthy Knowledge: Data Quality and Validation Protocols for Educational Knowledge Graphs

The digital age is experiencing an unprecedented surge in data, with global data generation estimated to reach 394 zettabytes by the end of 2028¹. This explosion is fuelled by the rise of IoT devices, real-time data processing, and widespread cloud adoption, creating a pressing need for better information organization [16], especially since 80% of this data is unstructured².

Simultaneously, modern education is grappling with rapid technological changes, the demand for interdisciplinary studies, and the need for personalized learning. Knowledge Graphs (KGs) are emerging as a key AI solution to these educational challenges [1, 5]. By effectively organizing vast amounts of information and enabling advanced reasoning, KGs are revolutionizing education, acting as the foundation for smart learning systems that improve personalized learning, curriculum development, and assessment methods [4, 12]. However, the efficacy of these smart learning systems is directly dependent on the quality of the data within the KGs. The inherent diversity and dynamic nature of educational data underscore a critical need for rigorous data validation. A major hurdle in populating KGs is the "knowledge acquisition bottleneck," which often impedes the consistent input of high-quality information [14, 17].

This review critically assesses the adequacy of current methodologies in addressing the unique data challenges within the educational landscape. Its primary objective is to determine if existing approaches are sufficiently robust to manage the immense scale, diversity, and dynamic nature of educational data. Furthermore, the review investigates the necessity of new or significantly improved protocols for consistently acquiring high-quality, verifiable knowledge for educational KGs, ultimately aiming to advance the development of more accurate, adaptive, and impactful intelligent educational systems.

The methodology involved an extensive search across Scopus (2020-2025, English language publications), initially yielding 22 articles. To ensure comprehensive coverage and mitigate potential bias, the search was expanded to Google Scholar, incorporating an additional 75 articles identified through citation review, resulting in a preliminary dataset of 97 records. A rigorous screening process, based on predefined inclusion criteria, led to the selection of 32 papers for comprehensive review.

The data explosion in the contemporary age, with unstructured information continuing its rapid ascent, has profoundly reshaped knowledge management. This proliferation has significantly advanced the development of language models, enabling machines to extract valuable insights from vast text corpora. Within this data-rich environment, KGs have emerged as highly effective paradigms for organizing, visualizing, and managing complex information.

In education, KGs are proving to be indispensable tools, driving substantial advancements in personalized learning, curriculum design, concept mapping, and content recommendation systems through their capacity for structuring disparate knowledge [4,

¹ <https://www.statista.com/statistics/871513/worldwide-data-created/>

² <https://www.forbes.com/sites/traceywelsonrossman/2019/01/28/i-see-data-forge-ai-mines-the-worlds-unstructured-data/?ctpv=searchpage>

6,9]. The versatility of KGs in educational contexts is extensive, with applications spanning disciplines from history to medicine and across all educational levels, from primary to higher education [2, 8, 10, 16]. Their utility encompasses the recommendation of personalized learning resources, performance prediction, question generation, material retrieval, and improvements in course management and curricular coherence [3, 5, 15]. KGs dynamically augment education by functioning as continuously updated information hubs, providing real-time access to current trends and fostering interdisciplinary connections in course design. Crucially, KGs facilitate personalized learning through the analysis of student interactions and feedback, enabling the tailoring of content, optimization of materials, and enhancement of engagement and innovative thinking [8, 11, 12, 16]. Ultimately, KGs are proving transformative across various educational domains, providing structured, interconnected knowledge that addresses key challenges, with applications ranging from data integration within Learning Management Systems (LMSs) to specialized pedagogical approaches in subjects such as history, computer science, and the creative arts [13, 19].

However, the full potential of educational KGs is currently limited by several critical weaknesses, primarily concerning data quality. Key challenges include ensuring the completeness, consistency, and accuracy of information, particularly when managing the extensive and dynamically evolving datasets characteristic of educational environments [3, 7, 20]. KGs frequently contend with sparse and incomplete data, where some learning concepts are exhaustively detailed while others lack any coverage. This directly compromises the efficacy of downstream applications such as personalized learning paths. Furthermore, a persistent challenge lies in verifying the truthfulness and semantic accuracy of knowledge extracted from potentially noisy or unvalidated sources [13, 18].

To fully unlock the transformative potential of KGs in education, the development and adoption of standardized protocols are urgently required. Such protocols would guide the entire lifecycle of educational KGs, ensuring their truthfulness, mitigating the risks of misinformation, enhancing data quality and completeness, and ultimately improving their overall utility and scalability. The findings of this review highlight the critical importance of establishing robust data validation and management frameworks to truly realize the promise of intelligent educational systems powered by Knowledge Graphs.

Keywords – knowledge graphs, education, AI

References

- [1] B. Abu-Salih and S. Alotaibi, "A systematic literature review of knowledge graph construction and application in education," *Heliyon*, vol. 10, no. 3, 2024.
- [2] G. Agrawal, Y. Deng, J. Park, H. Liu, and Y. C. Chen, "re knowledge graphs from unstructured texts: Applications and impact analyses in cybersecurity education," *Information*, vol. 13, no. 11, p. 526, 2022.
- [3] E. Bernasconi, D. Redavid, and S. Ferilli, "Enhancing Personalised Learning with a Context-Aware Intelligent Question-Answering System and Automated Frequently Asked Question Generation," *Electronics*, vol. 14, no. 7, p. 1481, 2025.
- [4] Z. Chen, Y. Zhang, Y. Fang, Y. Geng, L. Guo, X. Chen, Q. Li, W. Zhang, J. Chen, Y. Zhu, and J. Li, "Knowledge graphs meet multi-modal learning: A comprehensive survey," *arXiv preprint arXiv:2402.05391*, 2024.
- [5] Y. Deng, Z. Zeng, K. Jha, and D. Huang, "Problem-based cybersecurity lab with knowledge graph as guidance," *Journal of Artificial Intelligence and Technology*, 2021.

- [6] D. Edge, H. Trinh, N. Cheng, J. Bradley, A. Chao, A. Mody, S. Truitt, D. Metropolitansky, R. O. Ness, and J. Larson, "From local to global: A graph rag approach to query-focused summarization," *arXiv preprint arXiv:2404.16130*, 2024.
- [7] Z. Elkaibillah, M. Rhanoui, M. Mikram, and B. El Asri, "Comparative study of knowledge graph models in education domain," in *Proceedings of the International Conference on Bigdata, Modelling and Machine Learning*, 2021.
- [8] X. Fan, Y. Sun, Q. Wang, and X. Wang, "Research on the Application of Knowledge Graph in Higher Education of Art and Design," in *2024 6th International Conference on Literature, Art and Human Development (ICLAHD 2024)*, Atlantis Press, 2024, pp. 494–501.
- [9] I. Gligorea, M. Cioca, R. Oancea, A. T. Gorski, H. Gorski, and P. Tudorache, "Adaptive learning using artificial intelligence in e-learning: A literature review," *Education Sciences*, vol. 13, no. 12, p. 1216, 2023.
- [10] B. Hou, Y. Lin, Y. Li, C. Fang, C. Li, and X. Wang, "KG-PLPPM: A Knowledge Graph-Based Personal Learning Path Planning Method Used in Online Learning," *Electronics*, vol. 14, no. 2, p. 255, 2025.
- [11] X. Hu, Y. Zhou, and J. Qi, "Research on the teaching model of knowledge graph for professional introduction course based on OBE," in *2023 35th Chinese Control and Decision Conference (CCDC)*, 2023, pp. 1928–1933.
- [12] N. Li, Q. Shen, R. Song, Y. Chi, and H. Xu, "MEduKG: A deep-learning-based approach for multi-modal educational knowledge graph construction," *Information*, vol. 13, no. 2, p. 91, 2022.
- [13] K. Mzwri and M. Turcsányi-Szabo, "Internet wizard for enhancing open-domain question-answering chatbot knowledge base in education," *Applied Sciences*, vol. 13, no. 14, p. 8114, 2023.
- [14] M. Paneque, M. d. M. Roldán-García, and J. García-Nieto, "e-LION: Data integration semantic model to enhance predictive analytics in e-Learning," *Expert Systems with Applications*, vol. 213, p. 118892, 2023.
- [15] C. Qi, L. Jia, Y. Wei, Y. H. Jiang, and X. Gu, "IntelliChain: An Integrated Framework for Enhanced Socratic Method Dialogue with LLMs and Knowledge Graphs," *arXiv preprint arXiv:2502.00010*, 2025.
- [16] Y. Qin, H. Cao, and L. Xue, "Research and Application of Knowledge Graph in Teaching: Take the database course as an example," *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1607, no. 1, p. 012127, 2020.
- [17] L. Tian, X. Zhou, Y. P. Wu, W. T. Zhou, J. H. Zhang, and T. S. Zhang, "Knowledge graph and knowledge reasoning: A systematic review," *Journal of Electronic Science and Technology*, vol. 20, no. 2, p. 100159, 2022.
- [18] A. Waagmeester, G. Stupp, S. Burgstaller-Muehlbacher, B. M. Good, M. Griffith, O. L. Griffith, K. Hanspers, H. Hermjakob, T. S. Hudson, K. Hybiske, and S. M. Keating, "Wikidata as a knowledge graph for the life sciences," *Elife*, vol. 9, p. e52614, 2020.
- [19] H. Xue, "Development History and Frontier Trends of Natural Language Processing Technology in Education: A Knowledge Graph-Based Visualization Analysis," in *Proceedings of the 15th International Conference on Education Technology and Computers*, 2023, pp. 436–443.
- [20] H. Yu, Y. Chen, X. Wang, S. Hu, and L. Chang, "A capability-oriented method for integration of liberal arts knowledge graph in primary education," in *2021 International Conference on Computers, Information Processing and Advanced Education (CIPAE)*, 2021, pp. 342–346.

Goran Paulin

Sveučilište u Rijeci, Fakultet informatike i digitalnih tehnologija, Rijeka, Hrvatska

Kreativni odjel d.o.o., Rijeka, Hrvatska

gp@kreativni.hr

Metoda primjene adaptivnog sintseta za detekciju objekata snimljenih dronom u misijama traganja i spašavanja

Korištenje dronova u akcijama traganja i spašavanja (engl. *Search and Rescue, SAR*) postala je uobičajena praksa [1]. Dronovi omogućavaju snimanje velikog područja iz zraka, u visokim rezolucijama i u kratkom vremenskom roku, a primjena metoda računalnog vida i dubokih neuronskih mreža na dotičnim snimkama detekciju osoba ili objekata za kojima se traži.

Brzina funkcioniranja svih komponenti je ključna jer se, u slučaju unesrećenih osoba, s protokom vremena šanse za njihovo preživljavanje smanjuju, a područje pretrage širi i iscrpljuje resurse spasilačkih timova. Iz tog razloga preferiraju se brzi i pouzdani detektori objekata poput YOLO [2]. Uspješnost detekcije ovisi o kvaliteti prethodno istreniranih modela za detekciju, a kvaliteta tih modela ovisi o raspoloživosti odgovarajućih podataka. U slučaju SAR misija, podaci su, tradicionalno, anotirane fotografije osoba u različitim pozama, promatrane iz kuta koji odgovara pogledu drona tijekom aktualne misije.

U praksi, izvori ovakvih podataka izrazito su ograničeni [3]. Fotografije unesrećenih osoba iz prethodnih SAR misija najčešće nisu dostupne javnosti pa se skupovi podataka za treniranje detektora kreiraju namjenskim fotografiranjem osoba koje simuliraju karakteristične poze na konkretnom terenu [1]. Skupovi podataka koji tako nastaju imaju više problema: bazirani su na malom broju osoba u fiksnoj odjeći; ne sadrže ekstremne poze u kojima se tijelo može naći prilikom pada; i snimljeni su u specifičnim biomima, sa određene visine i pod određenim kutom. Uz to, ovakav postupak, a posebice anotiranje, je dugotrajan i, u konačnici, skup. Modeli učeni na takvim podacima ne generaliziraju dobro - ukoliko se promijeni neki od parametara (visina leta drona, kut kamere, izgled osobe za kojom se traži ili biom) opada sposobnost detekcije, uz potencijalni rast broja pogrešnih detekcija, što troši uvijek ograničene resurse SAR misije.

Kao rješenje ovog problema, koristeći prethodna iskustva generiranja minimalnih [4] i adaptivnih sintsetova [5], razvili smo metodu primjene adaptivnog sintseta za detekciju objekata snimljenih dronom u misijama traganja i spašavanja. Osnovu metode čini novorazvijeni generator sintseta baziran na DCC metodi [6] koji simulira željeni broj osoba u različitim pozama (kretanje, mirovanje) s posebnim naglaskom na transformaciju poza u unesrećene (simulacija padova u različitim uvjetima terena). Generator pritom omogućava podešavanje visine i kuta kamere planiranom načinu korištenja drona u konkretnoj SAR misiji te koristi vizualne specifičnosti bioma nad kojim će dron letjeti, za premošćivanje jaza domene [7]. S tako generiranim sintsetom trenira se model za detekciju prilagođen konkretnoj SAR misiji i koristi ga se kao dio ansambla, uparenog sa osnovnim YOLO 11 modelom. Generator omogućava proizvesti visoko-varijabilan sintset koji sadrži 3.000 anotiranih slika, unutar 1 h, koristeći samo 1 računalo s Apple M4 Max procesorom. Podržava i distribuirano generiranje, s kojim je proces generiranja istog broja anotiranih slika moguće svesti na samo 5 minuta. Treniranje YOLO modela s ovako generiranim sintsetom traje 6 minuta, koristeći 1x RTX 3090 GPU. Nakon toga sustav je spreman za detekciju. Cijeli postupak može se izvesti tijekom trajanja SAR misije i moguće ga je ponavljati ukoliko se tijekom misije mijenjaju parametri snimanja (npr. visina leta

drona ili kut kamere), ili ukoliko se detekciju želi proširiti na neki specifičan objekt (npr. ruksak za koji je tijekom SAR misije dobivena informacija da ga je unesrećeni ponio sa sobom).

U dosadašnjim testovima (na realnim podacima) sustav je sa 53,7% uspješnosti detekcije, uspio nadmašiti modele trenirane na dostupnim realnim podacima (uspješnost 50,4%), postižući pritom i najbolji ROpti [8] (46,9, u odnosu na prethodno najboljih 42,1), važan zbog minimiziranja pogrešnih detekcija koje potencijalno odvlače spasilačke timove u pogrešnom smjeru.

Razvijena metoda primjene adaptivnog sintseta za detekciju objekata snimljenih dronom u misijama traganja i spašavanja pokazala je da model treniran na dobro podešenom adaptivnom sintsetu, bez dodatnih augmentacija i podešavanja sa realnim podacima, koristeći ga uparenog sa osnovnim YOLO 11 modelom, postiže bolje rezultate detekcije od modela učenih isključivo na realnim podacima. U budućem radu planiramo ispitati alternativne metode generiranja sintseta s ciljem dodatnog skraćivanja faze sjenčanja slika, imajući na umu praktične situacije u kojima je tijekom SAR misije raspoloživo samo 1 računalo za tu svrhu.

Ključne riječi – adaptivni sintset, sintetički podaci, traganje i spašavanje, detekcija osoba i objekata

Literatura

- [1] S. Sambolek and M. Ivasic-Kos, "Person Detection in Drone Imagery," in *2020 5th International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SpliTech)*, 2020, pp. 1–6. doi: 10.23919/SpliTech49282.2020.9243737.
- [2] G. Jocher and J. Qiu, Ultralytics YOLO11. 2024. Available: <https://github.com/ultralytics/ultralytics>
- [3] S. Sambolek and M. Ivašić-Kos, "Transfer Learning Methods for Training Person Detector in Drone Imagery," in *Intelligent Systems and Applications*, K. Arai, Ed. Springer International Publishing, 2022, pp. 688–701. doi: 10.1007/978-3-030-82196-8_51.
- [4] M. Burić, M. Ivašić-Kos, and G. Paulin, "Object Detection Using Synthesized Data," in *ICT Innovations 2019 Web proceedings*, Apr. 2019, pp. 110–124.
- [5] G. Paulin, "Metoda primjene adaptivnog sintseta za detekciju objekata snimljenih dronom u misijama traganja i spašavanja," in *Zbornik sažetaka - Znanstveni skup doktorskih studenata informatike: INFCON24*, Nov. 2024, pp. 31–32.
- [6] G. Paulin and M. Ivasic-Kos, "Review and analysis of synthetic dataset generation methods and techniques for application in computer vision," *Artificial Intelligence Review*, vol. 56, no. 9, pp. 9221–9265, 2023, doi: 10.1007/s10462-022-10358-3.
- [7] J. Tremblay i sur., "Training deep networks with synthetic data: Bridging the reality gap by domain randomization", *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*, sv. 2018-June, str. 1082–1090, 2018, doi: 10.1109/CVPRW.2018.00143.
- [8] G. Paulin, S. Sambolek, and M. Ivasic-Kos, "Application of raycast method for person geolocalization and distance determination using UAV images in Real-World land search and rescue scenarios," *Expert Systems with Applications*, vol. 237, p. 121495, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.121495>.

Analiza društvenih interakcija *Drosophila melanogaster* korištenjem kompleksnih mreža

Analiza i razumijevanje ponašanja *D. melanogaster* (vinske mušice) zahtijeva interdisciplinarni pristup gdje posebno važnu ulogu ima područje kompleksnih mreža koje omogućuje analizu društvenih interakcija *D. melanogaster*. U ovom istraživanju prikazano je na koji se način metode iz područja kompleksnih mreža mogu primijeniti kako bi se kvantificirale i usporedile mreže društvenih interakcija *D. melanogaster* u različitim uvjetima [1-4]. Predložen je sveobuhvatan postupak koji uključuje statičku i vremensku dimenziju mreža, čime se osigurava dublji uvid u razvoj i promjene društvenih interakcija tijekom vremena.

U okviru provedenih eksperimenata proučavaju se promjene u mrežama društvenih interakcija u uvjetima koji su izazvani kroz nekoliko različitih intervencija nad populacijom jedinki a to su: (i) društvena izolacija, (ii) utjecaj psihostimulansa (kokaina), i (iii) transgenska ekspresija ljudskog DISC1 gena. U tu svrhu, jedinke se dijele u eksperimentalne skupine koje se podvrgavaju specifičnim uvjetima. U izoliranim skupinama jedinke se drže u izolaciji tijekom određenog razdoblja prije mjerenja interakcija. U genetski modificiranim skupinama nalaze se, primjerice, DISC1 mutantne jedinke, za koje se pretpostavlja da posjeduju izmijenjene neurobiološke osnove društvenog ponašanja. Treća kategorija obuhvaća tretirane skupine, u kojima se jedinke izlažu psihostimulansima poput kokaina kako bi se istražio njihov utjecaj na društvenu dinamiku.

Društvene interakcije promatraju se u standardiziranoj areni, pri čemu se cijeli pokus snima, a zatim se pomoću alata *FlyTracker* detektiraju putanje kretanja i identiteti pojedinih jedinki. Na temelju tih podataka, primjenom unaprijed definiranog algoritma opisanog u [5], određuju se društvene interakcije, iz kojih se zatim konstruiraju usmjerene težinske mreže društvenih interakcija. Takve mreže pružaju strukturiranu reprezentaciju odnosa među jedinkama i ukazuju na obrasce njihovih interakcija. Za detaljniju analizu analizirane su i predložene su mrežne mjere koje se pokazuju posebno prikladnima za istraživanje društvenih interakcija *D. melanogaster*. Od lokalnih mjera primjenjuju se centralnost međupoloženosti (engl. *betweenness centrality*) i centralnost blizine (engl. *closeness centrality*) radi procjene utjecaja i pristupačnosti čvorova, dok se od globalnih mjera analiziraju koeficijent grupiranja (engl. *clustering coefficient*) za kvantificiranje sklonosti formiranja klastera, asortativnost (engl. *assortativity*) za opisivanje tendencije povezivanja sličnih čvorova te heterogenost stupnja (engl. *degree heterogeneity*) za prikaz varijabilnosti distribucije u mreži. Posebna se pažnja posvećuje i analizi na središnjoj razini mreže (engl. *Meso-scale*), koja omogućuje identifikaciju zajednica unutar mreže te uvid u organizacijske obrasce koji se ne mogu uočiti isključivo kroz lokalne ili globalne mjere. Time se uspostavlja metodološki okvir koji povezuje višerazinske mrežne značajke, od pojedinačnih jedinki, preko grupnih struktura, do cjelokupne mreže, čime se osigurava sveobuhvatniji prikaz društvene dinamike *D. Melanogaster*.

Za svaki eksperimentalni uvjet provodi se niz neovisnih ponavljanja, pri čemu svaka skupina sadržava unaprijed definiran broj jedinki (npr. 12, 24 ili 30) [6]. Društvene interakcije kvantificiraju se prvenstveno kroz broj interakcija i ukupno vrijeme provedeno

u interakciji između jedinki, čime se određuju težine veza unutar društvenih mreža. Čvorovi u mreži predstavljaju jedinke, dok težinske veze odražavaju snagu i učestalost interakcija.

U okviru predloženog pristupa dodatno se provodi analiza dinamičkog aspekta mreža interakcija, odnosno. Budući da su poznata početna i završna vremena interakcija, provodi se vremenska analiza mreža. Izrađuju se *snapshotovi* mreža u različitim vremenskim točkama, čime se omogućuje uvid u evoluciju društvene dinamike i promjene globalne strukture mreže. Posebna pažnja posvećuje se analizi otvorenih i zatvorenih trijada radi boljeg razumijevanja dinamike formiranja i mijenjanja grupnih struktura. Daljnja istraživanja aspekta dinamike provode se primjenom statističkog modela DyNAM (*Dynamic Network Actor Model*) koji omogućava modeliranje opće aktivnosti aktera i njihovih selektivnih preferencija.

Za procjenu statističke značajnosti razlika u vrijednostima mjera mreža između eksperimentalnih skupina koriste se dvije vrste nasumičnih mreža. U pseudo-društvenim mrežama jedinke se grupiraju nasumično, čime se kontrolira učinak slučajnih obrazaca interakcija. U mrežama s nasumičnim povezivanjem čvorova zadržavaju se izvorne težine veza, ali se preraspodjeljuju među čvorovima, čime se uklanja izvorna društvena struktura, a čuva ukupna učestalost i trajanje interakcija. Ako se utvrdi statistički značajna razlika u usporedbi s pseudo-društvenim mrežama, to ukazuje da opaženi obrasci nisu posljedica slučajnog grupiranja jedinki. Ako je razlika značajna i u odnosu na mreže s nasumičnim povezivanjem, tada se može zaključiti da opažene mrežne karakteristike proizlaze iz stvarne društvene organizacije skupine, a ne samo iz ukupne učestalosti i trajanja interakcija.

Rezultati dobiveni kroz eksperimente ukazuju na to da se primjenom pristupa koji se temelji na kompleksnim mrežama može utvrditi kako utjecaj okolišnih čimbenika, genetskih modifikacija i farmakoloških intervencija oblikuje društvenu dinamiku kod *D. melanogaster*. Primjena teorije kompleksnih mreža prepoznaje se kao učinkovit alat za kvantitativnu analizu i usporedbu obrazaca interakcija, pri čemu se pruža uvid u mehanizme koji stoje iza formiranja i mijenjanja društvenih struktura.

Ključne riječi – *D. melanogaster*, analiza društvenih interakcija, kompleksne mreže, FlyTracker, DyNAM

Literatura

- [1] M. Petrović, A. Meštović, R. Andrečić Waldowski, and A. Filošević Vujnović, "A network-based analysis detects cocaine-induced changes in social interactions in *Drosophila melanogaster*," *PLoS ONE*, vol. 18, no. 3, p. e0275795, Mar. 2023, doi: 10.1371/journal.pone.0275795.
- [2] B. Samardžija et al., "Transgenic *Drosophila melanogaster* Carrying a Human Full-Length DISC1 Construct (UAS-hfIDISC1) Showing Effects on Social Interaction Networks," *CIMB*, vol. 46, no. 8, pp. 8526–8549, Aug. 2024, doi: 10.3390/cimb46080502.
- [3] G. Liu et al., "A simple computer vision pipeline reveals the effects of isolation on social interaction dynamics in *Drosophila*," *PLoS Comput Biol*, vol. 14, no. 8, p. e1006410, Aug. 2018, doi: 10.1371/journal.pcbi.1006410.
- [4] M. Stojkovic et al., "Using a Combination of Novel Research Tools to Understand Social Interaction in the *Drosophila melanogaster* Model for Fragile X Syndrome," *Biology*, vol. 13, no. 6, p. 432, June 2024, doi: 10.3390/biology13060432.
- [5] J. Schneider and J. D. Levine, "Automated identification of social interaction criteria in *Drosophila melanogaster*," *Biol. Lett.*, vol. 10, no. 10, p. 20140749, Oct. 2014, doi: 10.1098/rsbl.2014.0749.

- [6] R. Rooke, A. Rasool, J. Schneider, and J. D. Levine, "Drosophila melanogaster behaviour changes in different social environments based on group size and density," *Commun Biol*, vol. 3, no. 1, p. 304, June 2020, doi: 10.1038/s42003-020-1024-z.

Towards Smart and Socially Integrated Learning: A Systematic Review of LMS, Social Media and AI Synergies

In today's digital education, the use of Learning Management Systems (LMS), social media, and Artificial Intelligence (AI) is being seen as a way to improve student learning, motivation and success. In this summary, results from two systematic literature reviews are presented, showing how technology can be used to create smarter and more social online learning environments.

LMS platforms are widely used to organize courses, deliver content, manage assessments and track student progress. However, it has been observed that traditional LMS tools often do not support active student participation. Because of this, researchers have explored how LMS can be improved by including social media and AI features.

In the first review, 34 academic studies were analyzed. It was found that social media features like discussion forums, notifications, newsfeeds and online communities can help students feel more connected. These features are used to increase motivation and support collaboration [1]. Case studies of platforms like Moodle-Vkontakte, KnowMore and my.eskwela were reviewed and it was shown that better communication and interaction among students, teachers and parents can be achieved [3-5]. Still, problems such as limited access to technology and distractions from non-educational content were also reported.

The second review looked at 26 studies on how AI is being used in online learning. It was found that AI tools such as chatbots, intelligent tutoring systems and emotion-aware technologies can support students by personalizing learning in real time [2]. For example, chatbots are used to answer questions and guide students, while other tools can detect emotional states and adjust learning content [6]. AI was shown to improve learning in cognitive, emotional, behavioral and social ways. At the same time, concerns about privacy, fairness and over-automation were raised. It was suggested that AI should be used to support human educators—not replace them. Many different research methods, including experiments and surveys, were used to study these technologies, showing a strong interest in both effectiveness and real-world use.

Findings from both reviews, suggest that a next-generation LMS should be developed. This system could combine the best features of AI and social media in order to better support student engagement. Features such as adaptive learning paths, real-time feedback and emotion detection could be included. Social tools for group work, peer support and online communities could also be built in, as well as two types of chatbots - one to help with academic tasks and one to support students' emotional well-being. To support different learning needs, mobile-friendly microlearning, visual dashboards and even virtual classrooms could be added. These tools could make learning more engaging and easier to access. However, it is strongly advised that ethical design, fairness and human supervision need to be included in the development of such systems.

In conclusion, it was found that LMS platforms can be improved by adding smart, social and ethical technologies. When used well, these systems can help create online learning that is more effective, human-centered and supportive of student success.

Keywords – LMS, social media, artificial intelligence, student engagement, digital education

References

- [1] A. Petrovic, D. Jaksic, "Towards Smart and Socially Integrated Learning: A Systematic Review of LMS and Social Media Synergies," unpublished
- [2] A. Petrovic, V. Slavuj, D. Jaksic, "Artificial Intelligence in Online Education: A Systematic Review of Its Impact on Student Engagement and Satisfaction", unpublished
- [3] Lavlinskaya, O. Y., Kuripta, O. V, Desyatirikov, F. A., Lemeshkin, A. V, & Fedosova, S. P. (2022). Example of Integrating e-Learning Platforms with Social Network for Create Effective Training Courses. *Proceedings of the 2022 Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, EIConRus 2022*, 48–52.
- [4] Nasome, V., Malavige, O., Costa, M., Jayasinghe, B., Karunasena, A., & Samarakoon, U. (2022). KnowMore: Social Media based Student Centric E-learning platform with Machine Learning Approaches. *2022 IEEE 7th International Conference for Convergence in Technology, I2CT 2022*.
- [5] Llantos, O. E., & Estuar, M. R. J. E. (2021). Learning Interactions as it Evolves in a Social Learning Management System. *2021 8th International Conference on Social Network Analysis, Management and Security, SNAMS 2021*.
- [6] Adib, N., Sommer, N., & Waksmanski-Krynski, N. (2024). Leveraging the Human Classroom with AI-Powered Resources. *DEMOcon 2024 - 2024 IEEE Digital Education and MOOCS Conference, Proceedings*.

Integracija sustava preporuka i digitalnih blizanaca za dinamičko personalizirano učenje u visokom obrazovanju

Personalizirano učenje u visokom obrazovanju ima za cilj povećati motivaciju, angažiranost i akademska postignuća studenata prilagodbom sadržaja, aktivnosti i podrške njihovim individualnim potrebama. Obrazovni sustavi preporučivanja [1] su dokazano učinkoviti u generiranju preporuka temeljenih na podacima o studentima. Ovo istraživanje nastoji odgovoriti na pitanje kako integracija sustava preporučivanja i digitalnih blizanaca temeljenih na umjetnoj inteligenciji [2], [3] može omogućiti dinamičku personalizaciju učenja u visokom obrazovanju te ispitati učinak takvog pristupa na motivaciju, angažman i ishode učenja studenata. Cilj istraživanja je razvoj personaliziranih puteva učenja temeljenih na tehnikama obrazovnih sustava preporučivanja i umjetnoj inteligenciji, uključujući generativne modele [4], kako bi se studentima pružila individualizirana i kontinuirana podrška tijekom učenja.

Rezultati sustavnog pregleda literature o mogućnostima personalizirane podrške učenju [5] pokazali su potrebu za daljnjim razvojem metoda te istraživanjima njihove primjene u STEM području. Identificirana je i mogućnost kombiniranog pristupa modeliranju studenata korištenjem obrazovnih persona i modela studenta s ciljem prilagodbe individualnim karakteristikama i potrebama studenata [6]. Dodatno, identificirane su prednosti korištenja digitalnih blizanaca odnosno virtualnih modela studenata koji se kontinuirano ažuriraju podacima o učenju, a temeljeni su na umjetnoj inteligenciji. Prednosti tog pristupa kod personalizacije očituju se u mogućnosti simulacije mogućih intervencija i njihove evaluacije prije implementacije (odabir najefikasnije opcije), vizualizacije putanja učenja (pregled trenutnog stanja i simulacija rezultata na temelju budućih aktivnosti) te korištenju prediktivnih nadzornih ploča (prognoza uspjeha, neuspjeha i preporuke sljedećih koraka).

Polazna faza istraživanja obuhvatila je analizu podataka iz obrazovnog sustava preporučivanja ELARS prikupljenih iz šest kolegija iz STEM područja. Korištenjem algoritma k-means identificirano je šest obrazovnih persona [4] koje odražavaju različite profile studenata prema razini angažmana, uspješnosti, motivacije i načinu učenja: *Consistent Performers* (pokazuju stalni angažman i ostvaruju visoku razinu riješenih zadataka), *High Achieving Finishers* (pokazuju visoku razinu aktivnosti pred kraj razdoblja učenja i često nadmašuju očekivanja kroz rezultate), *Late Moderate Achievers* (kasno započinju s radom, ostvaruju umjerene rezultate, većinu zadataka obavljaju pred sam rok), *Low Engagement Students* (pokazuju umjereni angažman i ostvaruju nisku razinu izvršenih zadataka), *Last-Minute Underperformers* (uključuju se tek u posljednjim danima/satima aktivnosti i ostvaruju vrlo nisku razinu izvršenih zadataka) i *Early Proactive Performers* (vrlo rano se uključuju u aktivnost i ostvaruju visoku ili iznadprosječnu razinu izvršenih zadataka). Utvrđivanje navedenih jasno diferenciranih obrazaca ponašanja omogućio je dizajn personaliziranih intervencija koje uključuju motivacijske poruke, podsjetnike, preporuke promptova i dinamičke putanje učenja koje se, koristeći dinamički ažurirane podatke i modela korisnika, mogu prilagođavati u stvarnom vremenu. Kod studenata koji pripadaju personi *Last-Minute Underperformers* korisno je osigurati potporu u planiranju i upravljanju vremenom, primjerice kroz personalizirane podsjetnike i kratkoročne ciljeve. Studente obuhvaćene personom *Low Engagement Students*

preporučljivo je poticati na početni angažman motivacijskim porukama i jednostavnijim zadacima. Za studente svrstane u personu *Late Moderate Achievers* preporučuje se poticanje ranijeg uključivanja u aktivnosti putem podsjetnika na rokove, vizualnih prikaza napretka i poticanjem suradnje s kolegama. Studenti s personom *Consistent Performers* mogu imati koristi od povremenih izazovnih aktivnosti koje doprinose održavanju njihove motivacije. Kod studenata koji odgovaraju personi *High Achieving Finishers* poželjno je omogućiti uključivanje u istraživačke zadatke ili preuzimanje mentorske uloge prema kolegama slabijih postignuća. Studente koji pripadaju personi *Early Proactive Performers* karakterizira visoka razina autonomije i interesa, pa ih se može dodatno motivirati naprednim materijalima za produbljivanje znanja te uključivanjem u istraživačke i projektne aktivnosti.

Istraživanje će se provoditi prema pristupu temeljenom na dizajnu (engl. *design-based research*) [7] kroz iterativne cikluse dizajna, razvoja i evaluacije u stvarnom obrazovnom okruženju. Početni ciklus uključit će studente prve godine upisane na kolegije Matematika 1 i Matematika 2 na Pomorskom fakultetu u Rijeci. Očekuje se da će opisani pristup personalizaciji omogućiti pravovremeno prilagođavanje procesa učenja potrebama svakog studenta kroz optimalne intervencije u stvarnom vremenu te pozitivno utjecati na motivaciju, angažman i ostvarivanje ishoda učenja.

Ključne riječi – personalizirano učenje, sustavi preporučivanja, digitalni blizanci, visoko obrazovanje, umjetna inteligencija

Literatura

- [1] K. Juuti i J. Lavonen, "Design-based research in science education: One step towards methodology," *Nordic Studies in Science Education*, vol. 2, no. 2, pp. 54–68, 2006.
- [2] N. Kamal, F. Sarker, A. Rahman, S. Hossain i K. A. Mamun, "Recommender system in academic choices of higher education: A systematic review," *IEEE Access*, vol. 12, pp. 35475–35501, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3368058.
- [3] Y. Jiang, S. Yin, K. Li, H. Luo i O. Kaynak, "Industrial applications of digital twins," *Philos. Trans. R. Soc. A*, vol. 379, no. 2207, p. 20200360, 2021, doi: 10.1098/rsta.2020.0360.
- [4] I. Tudor, M. Holenko Dlab, G. Đurović i M. Horvat, "Using clustering techniques to design learner personas for GenAI prompt engineering and adaptive interventions," *Electronics*, vol. 14, no. 11, p. 2281, 2025.
- [5] I. Tudor, M. H. Dlab i N. Hoić-Božić, "Personalized learning in secondary and higher education: A systematic literature review of technology-enhanced approaches," *Int. J. Educ. Methodol.*, vol. 11, no. 3, pp. 359–375, 2025.
- [6] I. Tudor, M. H. Dlab i G. Đurović, "Learner personas in technology-enhanced learning," 2024 47th MIPRO ICT and Electronics Convention (MIPRO), pp. 311–316, May 2024. IEEE.
- [7] K. Juuti i J. Lavonen, "Design-based research in science education: One step towards methodology," *Nordic Studies in Science Education*, vol. 2, no. 2, pp. 54–68, 2006.

Razvoj igrificiranog sustava kao temelj za izgradnju tehnološko-pedagoškog okvira igrifikacije

Igrifikacija (engl. *gamification*) definirana kao integracija elemenata dizajna igara u obrazovne i druge kontekste [1, 2] dokazano povećava motivaciju, angažman i kreativnost učenika [3]. Na taj način omogućuje personalizirano učenje pretvaranjem svakodnevnih zadataka u interaktivne izazove s trenutnim nagradama i povratnim informacijama. Uspješno se primjenjuje u visokom obrazovanju, ali i na nižim razinama obrazovanja [4, 5]. Učitelji je rado prihvaćaju jer je za igrifikaciju aktivnosti u učionici dovoljno uključiti samo neke elemente dizajna igre, poput virtualnih bodova, ljestvica poredaka s najboljim rezultatima i razine napretka, što se može lako implementirati javno dostupnim digitalnim alatima za igrifikaciju. Međutim, pokazalo se [6] da ti alati često nude ograničene mogućnosti u besplatnim verzijama te da je važno nastaviti istraživanja na području korištenja igrifikacije u obrazovnim institucijama, uzimajući u obzir tehnološke i pedagoške aspekte. Učiteljima treba pružiti pristupačna tehnološka rješenja, ali i jasne preporuke za odabir odgovarajućih elemenata dizajna igre koji ovise o svim elementima nastavnog procesa, od definiranja ishoda učenja do njihovog ocjenjivanja.

Ovaj rad doprinosi istraživanju u području igrifikacije u obrazovanju razvojem igrificiranog sustava za učenje Codey [7]. Aplikacija Codey sadrži elemente dizajna igre opisane prema razvijenoj vlastitoj klasifikaciji za igrifikaciju [6]. Ova klasifikacija predstavlja tehnološki aspekt budućeg okvira igrifikacije, a sastoji se od elementa dizajna igre koji su podijeljeni u četiri kategorije: mehanika (engl. *mechanics*), dinamika (engl. *dynamics*), estetika (engl. *aesthetics*) i ostalo (engl. *other*). Aplikacija Codey sadrži elemente iz sve četiri kategorije i to na sljedeći način, u kategoriji mehanika sadrži: bodovi (engl. *points*), ljestvice poretka (engl. *leaderboards*), razine (engl. *levels*) i trake napretka (engl. *progress bars*), u kategoriji dinamika: povratne informacije (engl. *feedback*), prilagodljivost (engl. *adaptation*), puzzle (engl. *puzzle*), kvizove (engl. *quiz system*), asinkrono korištenje (engl. *asynchronous use*), u kategoriji estetika: izazove (engl. *challenge*), natjecanje (engl. *competition*) te iz kategorije ostalo: izvještaje (engl. *reports*), lekcije (engl. *lessons*) i razrede (engl. *classes*).

Za potrebe ovog istraživanja prototip igrificiranog sustava Codey uključio je sadržaje za učenje programiranja, a njegova uspješnost i funkcionalnost testirana je u dvije faze: alfa testiranje radi usklađivanja intuitivnosti aplikacije s principima UX/UI i beta testiranje s učenicima radi testiranja učinkovitosti igrifikacije za učenje. Stoga, formulirana su sljedeća dva istraživačka pitanja:

Q1: „Je li razvijena igrificirana aplikacija intuitivna za korištenje iz perspektive UX/UI?”

Q2: „Doprinosi li korištenje igrificirane aplikacije većoj motivaciji za učenje programiranja?”

Aplikaciju su testirali eksperti kako bi se utvrdila moguća poboljšanja u smislu dizajna i intuitivnosti UX/UI sučelja (Q1). Za provjeru korištenja i intuitivnosti igrificiranog sustava Codey primijenjena je metoda upitnika (anketiranja) tijekom alpha testiranja u kojem je sudjelovalo šest studenata (tri s bogatijim prethodnim znanjem programiranja i tri iz ostalih STEM područja bez prethodnog znanja). Rezultati pokazuju da su svi ispitanici ocijenili uvodni zaslon aplikacije s maksimalnih 5 od 5 bodova, dok je 83% ispitanika dalo je 5 od

5 i za samo sučelje za učenje unutar lekcija. Interaktivnost sučelja većinom je ocijenjena vrlo pozitivno (4 od 5), a svi prijedlozi ispitanika u svrhu poboljšanja poput jasnijeg prikaza tipki i objašnjenja ikona su prihvaćeni te implementirani prije beta testiranja. Beta testiranje provedeno je u osnovnoj školi na uzorku od 48 učenika i pokazalo je rezultate koji ukazuju na moguću učinkovitost igrifikacije u svrhu motivacije učenika (Q2).

Ovi rezultati pružaju dobru osnovu za daljnja istraživanja korištenja igrifikacije u obrazovanju. Potrebno je nastaviti daljnji razvoj prototipa igrificiranog sustava kako bi se mogao koristiti i u drugim predmetima u školama i visokom obrazovanju. Istraživanje se planira nastaviti testiranjem uporabljivosti igrificirane aplikacije sa sadržajima i igrificiranim elementima prilagođenim studentima informatike. Osim testiranja uporabljivosti s aspekta korisničkog iskustva (UX/UI), planiraju se analizirati i stajališta studenata o primjeni igrificiranih elemenata u učenju. Dobiveni rezultati koristiti će se kako za daljnji razvoj same aplikacije, tako i za izradu tehnološko-pedagoškog okvira igrifikacije koji će učiteljima pomoći u osmišljavanju i provedbi igrificiranih aktivnosti za učenike i studente.

Ključne riječi – igrifikacija u obrazovanju, klasifikacija elemenata igrifikacije, igrificirana edukativna aplikacija

Literatura

- [1] C. Dichev and D. Dicheva, "Gamifying education: what is known, what is believed and what remains uncertain: a critical review," *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, vol. 14, 2017.
- [2] Hamari, Juho, Jonna Koivisto, and Harri Sarsa. 2014. »Does gamification work? - A literature review of empirical studies on gamification.« Uredio Ralph H. Sprague. *47th Hawaii International Conference on System Sciences*. IEEE. 3025-3034. doi:<https://doi.org/10.1109/HICSS.2014.377>.
- [3] Bouchrika, Imed, Nouzha Harrati, Vanissa Wanick, i Gary Wills. 2019. "Exploring the impact of gamification on student engagement and involvement with e-learning systems." *Interactive Learning Environments* 29 (8): 1244–1257. doi:[10.1080/10494820.2019.1623267](https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1623267).
- [4] Bai, Shurui , Khe Foon Hew, i Biyun Huang. 2020. "Does gamification improve student learning outcome? Evidence from a meta-analysis and synthesis of qualitative data in educational contexts." *Educational Research Review* 30. doi:[10.1016/j.edurev.2020.100322](https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100322).
- [5] Vrcelj, Ana, Nataša Hoić-Božić, i Martina Holenko Dlab. 2023. "Use of Gamification in Primary and Secondary Education: A Systematic Literature Review." *International journal of educational methodology* 9 (1): 13-27. doi:[10.12973/ijem.9.1.13](https://doi.org/10.12973/ijem.9.1.13).
- [6] Vrcelj Božić, Ana, Nataša Hoić-Božić, Martina Holenko Dlab, Kristian Stančin, i Tomislav Jagušt. 2025. "Gamification Classification as a Framework for Analysing Gamification Elements in Digital Educational Tools." *Journal of communications software and systems* 21 (1): 34-42. doi:[10.24138/jcomss-2024-0111](https://doi.org/10.24138/jcomss-2024-0111).
- [7] Ivanković, Toni, Tomislav Jagušt, Ana Vrcelj Božić, i Nataša Hoić-Božić. 2025. "Gamified and Adaptive Learning System Codey for Learning Programming." *Proceedings of the 2025 IEEE Global Engineering Education Conference EDUCON*. London: IEEE. 1-5. doi:[10.1109/EDUCON62633.2025.11016339](https://doi.org/10.1109/EDUCON62633.2025.11016339).

Otkrivanje napuštene prtljage: generiranje i testiranje rijetkih scenarija

„Molimo držite svoju prtljagu uz sebe i nikada je ne ostavljajte bez nadzora!“ Ova upozorenja često se čuju na zračnim lukama, željezničkim kolodvorima i trgovačkim centrima širom svijeta, podsjećajući putnike na potencijalnu opasnost od napuštenih predmeta. No, što se događa kada se to pravilo prekrši? Kako sustav može autonomno prepoznati trenutak u kojem torba prestaje biti samo putni predmet, a postaje sigurnosna prijetnja? U ovom radu predstavljamo istraživanje na temu sustava koji adresira upravo taj izazov, kombinirajući suvremene tehnike računalnog vida i prostornog zaključivanja za detekciju napuštene prtljage u stvarnom vremenu.

Naša metoda koristi YOLOv11-m [1], model iz serije YOLO, prilagođen za detekciju osoba i predmeta u javnim prostorima. Umjesto da trenira model od nule, koristili smo tehnike transfernog učenja [2]. Model je inicijalno treniran na skupu podataka COCO, a zatim je fino podešen na specifičnom skupu slika s Düsseldorf aerodroma i Korza, glavne riječke ulice [3]. Ovaj prilagođeni skup podataka sadrži 2.676 detekcija osoba i 880 detekcija prtljage. Ključna prednost YOLOv11-m modela je njegova optimizirana arhitektura koja omogućuje visoku brzinu obrade i visoku preciznost, što omogućuje primjenu u stvarnom vremenu. Njegova sposobnost prepoznavanja više objekata u jednoj prolaznoj fazi (single pass) kamere minimizira kašnjenja i osigurava fluidnu analizu videozapisa.

Sustav je implementiran u Pythonu, koristeći kombinaciju PyTorch-a za treniranje i inferenciju modela te OpenCV-a za obradu videozapisa u stvarnom vremenu. Sustav detektira objekte sliku po sliku, dok algoritam praćenja osigurava povezivanje istog objekta kroz različite okvire. Ovo je kritična komponenta jer omogućuje precizno praćenje kretanje prtljage i osoba. Algoritam praćenja generira jedinstvene identifikatore za svaki detektirani objekt, čime se eliminira pogrešno prepoznavanje u situacijama s više osoba i torbi. Sprječavajući da sustav alarmira kada se torba jednostavno premjesti s jedne lokacije na drugu. Sustav uključuje dinamičko vremensko i prostorno zaključivanje, prepoznaje prisutnost prtljage, već i njezinu interakciju s ljudima u okolini. Praćenjem kretanja objekata kroz sekvence videozapisa i korištenjem vremenskih prozora, sustav precizno određuje kada je torba napuštena. Na primjer, ako se osoba i torba kreću zajedno, sustav ih prepoznaje kao povezani par. Trenutak napuštanja detektira se kada se osoba udalji od torbe izvan definiranog radijusa dulje od određenog vremenskog praga. Ovi pragovi mogu se dinamički prilagođavati ovisno o okruženju i gustoći prometa.

Za preciznije određivanje položaja, udaljenosti predmeta i radijusa za praćenje, koristi se tehnologija Apple Depth Pro [4]. Ona omogućava generiranje monokularne dubinske mape iz jedne RGB kamere, dajući sustavu metriku dubine bez potrebe za stereoskopskim kamerama. To omogućuje sustavu da prilagodi radijus praćenja ovisno o udaljenosti prtljage, radijus je manji za objekte bliže kameri, a veći za objekte koji su udaljeniji.

Autonomna detekcija napuštene prtljage u ovom radu proširena je generiranjem i testiranjem rijetkih scenarija napuštanja, čime se ocjenjuje robusnost sustava. Budući da stvarni događaji napuštanja prtljage u javnim prostorima rijetko događaju i nisu dostupni, testiranje je provedeno korištenjem generativnih AI modela za stvaranje sintetičkih videozapisa [5] i augmentacijom scena. Za eksperiment su korišteni modeli temeljeni na

difuziji, Sora [6] i Hailuo, koji generiraju kratke video sekvence iz tekstualnih i slikovnih inputa. Ukupno je generirano oko 40 videozapisa pomoću modela Sora i 20 pomoću Hailuo modela, s ciljem prikaza napuštanja prtljage u različitim okruženjima, ali AI generativni modeli nisu uspjeli generirati scenarije napuštanja prtljage. Augmentacija scena tj. animiranje objekata u postojećim scenama kako bi se stvorile varijacije i rijetki slučajevi napuštanja prtljage. U ovom kontekstu predstavila se kao bolje rješenje. Takva metoda omogućava brzu provjeru logike modela, dok za stvarno realističnu animaciju potrebni su značajni resursi i vrijeme.

Ovo istraživanje opisuje cjelovito i robusno rješenje za detekciju napuštene prtljage u stvarnom vremenu. Kombinirajući napredni model računalnog vida (YOLOv11-m), precizan algoritam praćenja i inovativno vremensko-prostorno zaključivanje, sustav je precizan, skalabilan i prilagodljiv različitim uvjetima okruženja. Ključni doprinos je sposobnost procjene interakcije između ljudi i prtljage, čime se izdvajaju legitimno napušteni objekti od privremeno ostavljenih. U eksperimentima sustav je postigao preciznost detekcije od 94,7% i odaziv detekcija od 65% na snimkama. Uvođenje dinamičkih radijusa praćenja dodatno je poboljšalo učinkovitost sustava za 10 %, prilagođavajući radijus detekcije udaljenosti objekata. Sintetički videozapisi i augmentacija scena, uključujući animiranje objekata u postojećim scenama, omogućili su testiranje u rijetkim situacijama, potvrđujući robusnost sustava i njegovu sposobnost generalizacije. Mogućnosti budućeg razvoja uključuju implementaciju sustava sa više kamera za bolji pregled područja, detekciju specifičnih tipova predmeta te upotrebu prediktivne analitike za predviđanje zona s većim rizikom i razvoj univerzalne testne baze napuštene prtljage kao osnova za usporedbu različitih modela.

Ključne riječi – *detekcija napuštene prtljage, računalni vid, YOLOv11, dubinska mapa, dinamički radijus*

Literatura

- [1] T. Diwan, G. Anirudh, and J. V. Tembhurne, 'Object detection using YOLO: challenges, architectural successors, datasets and applications', *Multimed. Tools Appl.*, vol. 82, no. 6, pp. 9243–9275, Mar. 2023, doi: 10.1007/s11042-022-13644-y.
- [2] S. Panigrahi, A. Nanda, and T. Swarnkar, 'A Survey on Transfer Learning', 2021, pp. 781–789. doi: 10.1007/978-981-15-5971-6_83.
- [3] I. Vrsalovic, J. Lerga, and M. Ivasic-Kos, 'A System for Real-Time Detection of Abandoned Luggage', *Sensors*, vol. 25, no. 9, Art. no. 9, Jan. 2025, doi: 10.3390/s25092872.
- [4] A. Bochkovskii et al., 'Depth Pro: Sharp Monocular Metric Depth in Less Than a Second', Apr. 21, 2025, *arXiv:2410.02073*. doi: 10.48550/arXiv.2410.02073.
- [5] G. Paulin and M. Ivasic-Kos, 'Review and analysis of synthetic dataset generation methods and techniques for application in computer vision', *Artif. Intell. Rev.*, vol. 56, no. 9, pp. 9221–9265, Sep. 2023, doi: 10.1007/s10462-022-10358-3.
- [6] Y. Liu et al., 'Sora: A Review on Background, Technology, Limitations, and Opportunities of Large Vision Models', Apr. 17, 2024, *arXiv:2402.17177*.

Etička primjena umjetne inteligencije u studijima: sustavni pregled literature

Brzi razvoj digitalne tehnologije, osobito umjetne inteligencije (UI), značajno je utjecao na različite sektore, uključujući obrazovanje. Aplikacije temeljene na UI donose značajan potencijal za transformaciju procesa u visokom obrazovanju, od personaliziranog učenja i optimizacije administracije do inovativnih obrazovnih iskustava [1]. No, uz potencijalne koristi, postoje i ozbiljni izazovi, poput pitanja sigurnosti podataka, etičkih dilema, akademskog integriteta i utjecaja na razvoj studentskih kompetencija [2].

Integracija umjetne inteligencije (UI) u studijima zahtijeva pažljivo razmatranje nekoliko ključnih područja. Konkretno, ovaj pregled literature obuhvaća područja primjene kao što su nastava i učenje, vrednovanje i ocjenjivanje, podrška učenju, studentska administracija, profesionalno usmjeravanje te razvoj institucionalnih politika i okvira za UI koja je potrebno sustavno adresirati kako bi se osigurala učinkovita, etična i održiva implementacija UI u studije. Nadalje, ispituje povezanost primjene UI u visokom obrazovanju s etičkim normama gdje je pažnja usmjerena na odgovornost i upravljanje posljedicama, pristranost i pravednost, privatnost i zaštitu podataka, sigurnost i zaštitu od zlorabe te transparentnosti i interpretabilnost algoritamskih procesa. Analiza primjenjivosti ovih normi može doprinijeti osiguravanju vjerodostojne i etički utemeljene implementacije UI.

Cilj pregleda je analizirati postojeća anketna istraživanja o primjeni UI u studijima i njihovu povezanost s navedenim etičkim normama i područjima primjene, identificirati istraživačke varijable i metodološke pristupe koji će poslužiti kao teorijska i empirijska podloga za razvoj budućeg empirijskog istraživanja. U svrhu postizanja navedenog cilja formulirana su sljedeća istraživačka pitanja:

1. Koja područja primjene UI u studijima anketna istraživanja povezuju s etičkim problemima?
2. Koje etičke norme su najčešće spomenute u kontekstu različitih UI aplikacija u visokom obrazovanju?
3. Koje stavove i iskustva sudionika (studenti, nastavnici, administracija) otkrivaju anketna istraživanja o integraciji UI tehnologija u nastavu?
4. Koje metodološke pristupe koriste postojeća anketna istraživanja, te koje preporuke daju za buduća empirijska istraživanja UI u studijima?

Pregled literature je proveden prema PRISMA smjernicama [4], pretražena je baza podataka Scopus, a uključeni su radovi objavljeni između 2023. i 2025. koji se bave etičkim pitanjima AI u studijima s naglaskom na empirijska istraživanja. Početna pretraga identificirala je 233 rada, od kojih je nakon primjene kriterija uključenosti i isključenosti u konačnu analizu uvršteno 14 studija.

Istraživanja ističu nekoliko ključnih etičkih izazova u primjeni AI u studijima, uključujući zaštitu privatnosti, rizik od pristranih algoritama te utjecaj na akademsku čestitost i strategije učenja i poučavanja [2,3,5]. Uzimajući u obzir rastuću ulogu umjetne inteligencije u obrazovnim kontekstima, sve je jasnije da je nužan razvoj sustavnih smjernica koje bi omogućile etičku i svrhovitu primjenu AI u obrazovanju. Rezultati pregleda omogućit će kreiranje sveobuhvatnog instrumenta za procjenu stanja etičke

primjene AI u studijskim programima, čiji će nalazi doprinijeti unapređenju metoda poučavanja i učenja, razvoju smjernica i preporuka za etičku integraciju AI tehnologija u studijima.

Ključne riječi – umjetna inteligencija, visoko obrazovanje, etičke norme, sustavni pregled literature

Literatura

- [1] “UNESCO survey: Two-thirds of higher education institutions have or are,” Unesco.org, 2025. <https://www.unesco.org/en/articles/unesco-survey-two-thirds-higher-education-institutions-have-or-are-developing-guidance-ai-use>
- [2] D. Dobrovská, D. Vaněček, and Y. I. Yorulmaz, “Students’ Attitudes towards AI in Teaching and Learning,” International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP), vol. 14, no. 8, pp. 88–106, Dec. 2024, doi: <https://doi.org/10.3991/ijep.v14i8.52731>.
- [3] J. J. Huallpa, et. al., “Exploring the ethical considerations of using Chat GPT in university education,” Periodicals of Engineering and Natural Sciences (PEN), vol. 11, no. 4, pp. 105–115, Aug. 2023, doi: <https://doi.org/10.21533/pen.v11.i4.200>.
- [4] M.J., Page et al. (2021) ‘The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews’, Systematic Reviews, 10(1), p. 89. Available at: <https://doi.org/10.1186/s13643-021-01626-4>
- [5] J. Kim et al., “Examining Faculty and Student Perceptions of Generative AI in University Courses,” Innovative Higher Education, Jan. 2025, doi: <https://doi.org/10.1007/s10755-024-09774-w>.

Utjecaj digitalizacije i AI tehnologija na samozapošljavanje

Samozapošljavanje je u posljednjim desetljećima doživjelo značajne transformacije, osobito pod utjecajem digitalizacije, globalizacije i socio-ekonomskih promjena. Cilj istraživanja je analizirati i identificirati trendove i obrasce koji oblikuju samozapošljavanje na globalnoj i nacionalnoj razini u suvremenim perspektivama, s naglaskom na utjecaj digitalizacije i AI tehnologije. Rezultati ukazuju da samozapošljavanje ima višeslojnu narav, s pozitivnim učincima na ekonomsko uključivanje i smanjenje siromaštva [1-3], ali i s rizicima nestabilnosti i nejednakosti [3]. Posebno se ističu zdravstveni, psihološki i socijalni aspekti, koji oblikuju ukupno iskustvo samozaposlenih. Kvaliteta samozapošljavanja snažno ovisi o institucionalnom i regulatornom okviru, što otvara prostor za reforme i unapređenja.

Nove mogućnosti samozapošljavanja uvelike se otvaraju zahvaljujući procesu inovacija i sve snažnijoj digitalizaciji [4-5]. Inovacije pritom ne djeluju samo kao pokretač gospodarskog rasta i privlačenja stranih ulaganja, već i kao značajan faktor koji potiče razvoj samozapošljavanja [4]. Posebno je istaknuta uloga ICT sektora, koji omogućuje nove, održive oblike rada i samozapošljavanja [5]. Phan i suradnici naglašavaju doprinos društvenih mreža u poticanju seoskog samozapošljavanja u Vijetnamu [6], dok Melak i Derso ističu da dugoročna održivost samozaposlenih inicijativa uvelike ovisi o sustavnom obrazovanju i obuci mladih [7]. Samozapošljavanje se danas nalazi između potencijala za osobno osnaživanje i rizika koje donosi nestabilnost tržišta rada i pojava novih oblika rada. Glavni izazovi ostaju povezani s financijskim i institucionalnim okvirom, zdravstvenom zaštitom i pitanjima rodne ravnopravnosti, dok su digitalizacija i inovacije prepoznate kao najvažniji generatori novih prilika.

U suvremenom kontekstu, posebnu važnost ima utjecaj digitalnih tehnologija i umjetne inteligencije (AI) na oblike i kvalitetu samozapošljavanja. Primjena AI tehnologija omogućuje automatizaciju velikog broja zadataka, čime samozaposleni mogu unaprijediti učinkovitost, optimizirati poslovne procese i povećati produktivnost [8]. Primjeri toga vidljivi su u korištenju AI alata za digitalni marketing, kreiranje sadržaja, analizu tržišta ili vođenje internetskih trgovina, čime se samozaposlenima otvaraju vrata globalnim tržištima. Umjetna inteligencija nosi i određene rizike, budući da automatizacija istiskuje pojedina zanimanja niže razine stručnosti, poput junior programera ili administrativnih poslova, što može stvoriti pritisak na samozaposlene u tim područjima [9]. Kao odgovor na te promjene, samozapošljavanje se sve više preusmjerava prema poslovima koji zahtijevaju visoku razinu digitalnih i kreativnih vještina te sposobnost aktivne suradnje između čovjeka i tehnologije. Digitalizacija i AI istodobno se pokazuju kao snažan motor novih prilika, ali i izvor potencijalnih izazova, a konačni učinak ovisit će o tome koliko će društvo uspjeti razviti obrazovne, regulatorne i poticajne mehanizme koji omogućuju uravnotežen i održiv razvoj ovog oblika rada.

Ključne riječi – samozapošljavanje, inovacije, digitalizacija, AI tehnologije, kvaliteta rada

Literatura

- [1] S. Yerrabati, "Self-employment: a means to reduce poverty in developing countries?," *Journal of Economic Studies*, vol. 50, no. 2, pp. 129–146, 2023.
- [2] W. Kunawotor and G. Ahiabor, "Self-employment, financial access and economic welfare: empirical evidence from Africa," *Journal of Financial Economic Policy*, vol. 17, no. 2, pp. 199–213, 2025.
- [3] G. Gevaert et al., "Precarious Employment in Self-Employment: A Typology and Impact on Cardiovascular Health Conditions in Sweden," *Social Science & Medicine*, 118182, 2025.
- [4] Dempere, J., Qamar, M., Allam, H., & Malik, S. (2023). The Impact of Innovation on Economic Growth, Foreign Direct Investment, and Self-Employment: A Global Perspective. *Economies*, 11(182).
- [5] Kozar, Ł. J., & Sulich, A. (2024). IT and ICT in the context of self-employment: exploring sustainable future research directions. *Procedia Computer Science*, 246, 1954–1962.
- [6] Phan, C. T., Perera, D., Ramsawak, R., & Pham, T. (2025). The impacts of social network on non-farm self-employment: Evidence from Vietnam. *Journal of Rural Studies*, 114, 103530.
- [7] Melak, D., & Derso, B. (2023). Training of youths for effective self-employment practices. *Education + Training*, 65(3), 382–402.
- [8] Gibbs, M., Mengel, F., & Siemroth, C. (2021). Work from Home & Productivity: Evidence from Personnel & Analytics Data on IT Professionals. *University of Chicago, Becker Friedman Institute for Economics Working Paper*, (56), 1–39.
- [9] Vizjak, M., Paulišić, M., & Mišević, P. (2024). Adapting to the digital shift: Skills development and workplace transformation in the era of human-technology collaboration. *Croatian Regional Development Journal*, 5(2), 92–110.

Procjena psihometrijskih svojstava skale stavova prema umjetnoj inteligenciji (AIAS-4) u hrvatskoj populaciji mladih

Ovo istraživanje provedeno je s ciljem prilagodbe i validacije skale stavova prema umjetnoj inteligenciji (AIAS-4) na uzorku mladih (18-29) u Hrvatskoj kako bi se osigurala njezina pouzdanost i valjanost prije uključivanja u istraživanje za doktorsku disertaciju. Rezultati istraživanja su u procesu objave.

Skalu stavova prema umjetnoj inteligenciji (AIAS-4) razvio je Grassini [1] kao kratki, pouzdan i valjan instrument za procjenu općenitih stavova javnosti prema AI tehnologiji. Cilj rada je validacija i prilagodba skale AIAS-4 hrvatskom kontekstu te potvrda njezine jednodimenzionalne strukture primjenom konfirmatorne faktorske analize (CFA). Koristeći model poprečnog presjeka (engl. *cross-sectional model*), prikupljeni su podaci od 206 sudionika u dobi od 18 do 29 godina putem *online* upitnika distribuiranog preko različitih digitalnih platformi (Reddit, Quora, Facebook, Instagram).

Konfirmatorna faktorska analiza (CFA) provedena je u JASP-u uz izbor WLSMV estimatora (engl. *Weighted Least Squares Means and Variance adjusted estimator*), prilagođenog za ordinalne stavke [2,3,4]. Ovaj estimator koristi polikoričnu korelaciju i prilagođava standardne pogreške kako bi kompenzirao asimetričnost i nejednakosti varijance tipične za Likertovu ljestvicu. Time se dobivaju pouzdani fit-indeksi koji su robustni na kršenje pretpostavki o normalnosti. Rezultati CFA pokazali su vrlo dobru prilagodbu modela: $\chi^2(5) = 2,097$, $p = 0,836$; CFI = 1,000; TLI = 1,000 (1,018); RMSEA = 0,000 (90% CI [0,000 - 0,056]); SRMR = 0,048.

Navedeni fit-indeksi znače da nema značajne razlike između empirijske matrice korelacija i modelom predviđene matrice (visoka p-vrijednost χ^2) [5], dok su CFI i TLI $\geq 0,95$ [5, 6] pokazatelj izvanredne prilagodbe modela. RMSEA = 0,000 ukazuje na iznimno dobru aproksimaciju (RMSEA < 0.05/0.08) [5, 7], a SRMR < 0,08 [5] potvrđuje da su razlike između promatranih i predviđenih korelacija male.

Standardizirana faktorska opterećenja za sve čestice bila su statistički značajna ($p < 0,001$) i kretala su se od 0,753 do 0,927. AIKZ (vjerovanje da će AI poboljšati život) imala je opterećenje od 0,839, AIPB (vjerovanje da će AI poboljšati rad) od 0,926, AIBUD (namjera korištenja AI u budućnosti) od 0,927, te AICOV (vjerovanje da je AI pozitivna za čovječanstvo) od 0,753. Svi pokazatelji zadovoljavaju kriterij konvergentne valjanosti ($\geq 0,50$) [8], što potvrđuje jak doprinos svake stavke (čestice) latentnom konstrukt.

Analiza unutarnje konzistentnosti otkrila je visoke vrijednosti koeficijenta pouzdanosti: Cronbachova alfa (α) = 0,918, što je iznad minimalne preporučene vrijednosti od 0,70 [9, 10] i McDonaldova omega (ω) = 0,911, što je također iznad minimalne preporučene vrijednosti od 0,70 [11]. Navedeno ukazuje na izvrsnu unutarnju prilagodbu skale AIAS-4.

Usporedba s međunarodnim istraživanjima pokazuje također konzistentnost rezultata. Grassini [1] je u originalnom istraživanju s britanskim i američkim uzorcima potvrdio jednodimenzionalnu strukturu s dobrim pristajanjem modela (CFI = 0,999, TLI = 0,998, RMSEA = 0,029). Morales-García i suradnici [12] u peruanskom uzorku medicinskih sestara također su potvrdili izvrsno pristajanje modela (CFI = 1,00, TLI = 1,00, RMSEA = 0,00). Slično tome, Köse et al. [13] u turskom uzorku studenata izvijestili su o dobrim

indeksima pristajanja (CFI = 0,998, TLI = 0,993, RMSEA = 0,048). Jednako tako, Møgelvang i Grassini [14] su na uzorku od 2.329 norveških sveučilišnih studenata potvrdili izvrsno pristajanje modela (SRMR = 0,01, TLI = 0,97 i CFI = 0,99).

Ovi rezultati pružaju empirijsku osnovu za korištenje hrvatske adaptacije AIAS-4 kao pouzdanog i valjanog instrumenta za procjenu općenitih stavova prema AI-u. Jednodimenzionalna struktura skale omogućuje lakšu interpretaciju rezultata, dok visoka pouzdanost i prihvatljiva valjanost čine je prikladnom za buduće istraživanje AI stavova u Hrvatskoj.

Rad doprinosi rastućoj literaturi o međukulturalnim istraživanjima AI stavova, dopunjujući postojeće adaptacije u Norveškoj, Peruu i Turskoj. Uspješna adaptacija AIAS-4 u hrvatski kontekst pruža istraživačima jednostavan alat za razumijevanje kako Hrvati percipiraju AI tehnologije.

Ograničenja istraživanja uključuju fokusiranje na mlade odrasle osobe (18-29 godina) i korištenje pogodnog uzorkovanja putem internetskih platformi. Buduća istraživanja trebaju uključiti širu demografsku reprezentaciju te ispitati prediktore AI stavova kao što su spol, godine, područje studija i izloženost AI tehnologijama. Longitudinalna istraživanja bila bi korisna za praćenje promjena stavova kroz vrijeme, posebno s obzirom na brze tehnološke promjene u AI domeni.

Ključne riječi – umjetna inteligencija, AI, AIAS-4, konfirmatorna faktorska analiza, CFA

Literatura

- [1] S. Grassini, "Development and validation of the AI Attitude Scale (AIAS-4): A brief measure of general attitude toward artificial intelligence," *Front. Psychol.*, vol. 14, art. 1191628, 2023. doi: 10.3389/fpsyg.2023.1191628
- [2] S. D. Brauer, J. Ranger, and M. Ziegler, "Confirmatory factor analyses in psychological test adaptation and development: A nontechnical discussion of the WLSMV estimator," *Psychological Test Adaptation and Development*, vol. 4, no. 1, pp. 1–12, 2023. doi: 10.1027/2698-1866/a000034
- [3] C. DiStefano, H. L. McDaniel, H. Zhang, D. Shi, and X. Jiang, "Fitting large factor analysis models with ordinal data," *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, vol. 26, no. 5, pp. 733–749, 2019. doi: 10.1080/10705511.2019.1602776
- [4] C.-H. Li, "Confirmatory factor analysis with ordinal data: Comparing robust maximum likelihood and diagonally weighted least squares," *Behavior Research Methods*, vol. 48, no. 3, pp. 936–949, 2016. doi: 10.3758/s13428-015-0619-7
- [5] L. Hu and P. M. Bentler, "Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives," *Struct. Equ. Model.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–55, 1999.
- [6] B. M. Byrne, *Structural Equation Modeling with AMOS*, 3rd ed. New York, NY: Routledge, 2016, doi: 10.4324/9781315757421.
- [7] K. B. Browne and R. Cudeck, "Alternative ways of assessing model fit," in *Testing Structural Equation Models*, K. A. Bollen and J. S. Long, Eds., Thousand Oaks, CA: Sage, 1993, pp. 136–162.
- [8] J. F. Hair, W. C. Black, B. J. Babin, and R. E. Anderson, *Multivariate Data Analysis: A Global Perspective*. New Jersey: Pearson Education International, 2010.
- [9] J. C. Nunnally and I. H. Bernstein, *Psychometric Theory*, 3rd ed., New York, NY: McGraw-Hill, 1994.

- [10] G. E. Gignac, "Psychometrics and the measurement of emotional intelligence," in *Assessing Emotional Intelligence*, J. D. A. Parker, D. H. Saklofske, and C. Stough, Eds., Boston, MA: Springer, 2009, pp. 9–40.
- [11] R. P. McDonald, *Test Theory: A Unified Treatment*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1999.
- [12] W. C. Morales-García, L. Z. Sairitupa-Sanchez, S. B. Morales-García, and M. Morales-García, "Adaptation and Psychometric Properties of an Attitude toward Artificial Intelligence Scale (AIAS-4) among Peruvian Nurses," *Behav. Sci.*, vol. 14, no. 6, art. 437, 2024. doi: 10.3390/bs14060437
- [13] N. Köse, E. Şimşek, and M. C. Demir, "Adaptation of Artificial Intelligence Attitude Scale (AIAS-4) into Turkish: A validity and reliability study," *Curr. Psychol.*, 2025. doi: 10.1007/s12144-025-07418-6
- [14] A. Møgelvang and S. Grassini, "University Students' Attitude Toward AI: A Validation of the AI Attitude Scale (AIAS-4) in a Large Norwegian Student Sample," preprint, 2024. doi: 10.31219/osf.io/7x5k9

Smart Vineyard Salt-Mitigation: An IoT-Enabled Strategy to Protect Dalmatian Grapevines from Bura-Driven Sea-Salt Stress

Croatia's Dalmatian coast produces distinctive wines on narrow terraces carved into hillsides that face the sea. These vineyards sit in the path of the *bura*, a cold northeasterly wind that accelerates down the Dinaric Alps and scours the Adriatic shoreline with gusts exceeding 200 km/h [1]. When the *bura* is at its strongest, sea spray is entrained in the turbulent airflow and deposited inland as a fine, saline mist called *posolica*. Anecdotes from growers describe how this salt coating can defoliate vines, desiccate blossoms and reduce yield. The phenomenon has been overlooked in scientific literature. Existing studies of grapevine salinity stress focus on soil and irrigation rather than airborne deposition, and there are no quantitative measurements of salt loads on leaves during *bura* events.

The document proposes an IoT-enabled Smart Vineyard system to mitigate *posolica* damage. The underlying premise is that salt deposition is episodic: dangerous accumulation occurs during high-speed *bura* events, but salt is readily soluble and can be rinsed off with fresh water if applied promptly after deposition. A smart system could deliver a brief overhead rinse whenever salt loads exceed a threshold, while avoiding frost conditions and minimizing water use. To achieve this, a suite of sensors and control logic is outlined. A key component is an Atmospheric Corrosion Monitor (ACM), a galvanic sensor originally developed for corrosion research [2]. Additional sensors include anemometers to detect high wind speeds characteristic of the *bura* and thermistors to measure air temperature. Each sensor node would be powered by solar panels, connected via low-power wireless networks, and governed by a microcontroller that aggregates data and sends it to a cloud-based platform [3].

Because in-field salt measurements are unavailable, a simulation framework is constructed to evaluate how such a system might perform. Meteorological records are used to identify past *bura* episodes, deposition rates are assumed based on published sea-spray studies and a foliar injury threshold derived from controlled salinity experiments on grape leaves is adopted. The simulation tests three control strategies: a “salt-only” trigger that initiates rinsing whenever cumulative salt exceeds the threshold; a “wind-only” trigger that starts rinsing when wind speeds surpass 15 m s^{-1} regardless of salt; and a combined “salt-and-wind” trigger with a freeze override, which requires both conditions and halts operation below $3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ to avoid ice formation. Each rinse is assumed to deliver 2.5 mm of water via sprinklers, and water use is tracked over a growing season.

The discussion section notes practical considerations for implementing such a system. Advantages include targeted protection of sensitive cultivars, automatic and data-driven decision making, and minimal water use. Importantly, the sensors generate microclimate and salt deposition data that could improve understanding of the *posolica* phenomenon, enabling refined thresholds and more accurate predictions. Fresh water is scarce on many islands, so growers must weigh the benefits of protection against limited supply. Wet leaves from overhead sprinklers could exacerbate fungal disease pressure if not properly managed. Most crucially, the injury threshold adopted in the simulation derives from soil salinity experiments; the actual threshold for aerosol deposition on grape leaves may differ. Controlled field trials are therefore essential to calibrate the ACM sensor output to

foliar salt loads and to determine the timing and volume of rinses that maximise protection without waste [4].

In conclusion, the work presents proposal to integrate sensor technology into traditional viticulture as a means to address an understudied environmental stress. By combining real-time salt detection, wind monitoring and temperature sensing with automated irrigation control, the smart vineyard concept offers a promising strategy to mitigate bura-induced salt damage. Simulation results are encouraging, indicating yield protection at modest water cost, yet empirical validation is critical. Future research should measure actual salt deposition on vines during *bura* events, assess cultivar-specific responses to foliar salt, test rinse efficacy across growth stages and evaluate economic feasibility in water-limited contexts. Such work will determine whether the vision of an IoT-enabled defense against *posolica* can be realised in practice, providing both scientific insight and practical benefit to coastal winegrowers.

Keywords – Smart Vineyard System, Posolica Salt Spray, IoT Sensor Network, Precision Irrigation Control

References

- [1] D. Cesini, S. Morelli and F. Parmiggiani, “Analysis of an intense bora event in the Adriatic area,” *Natural Hazards and Earth System Sciences*, vol. 4, pp. 323–337, 2004, [Online]. Available: <https://nhess.copernicus.org/articles/4/323/2004/>
- [2] T. Shinohara and H. Katayama, “JIS of ACM (Atmospheric Corrosion Monitor) type corrosion monitoring sensor,” *NIMS Materials Standardization Activities Report*, pp. 1–3, 2020, Available: https://www.nims.go.jp/vamas/en/news/Indldd0000000qmh-att/activitiesreport_EN_ACM_shinohara.pdf
- [3] S. Mansoor et al., “Integration of smart sensors and IoT in precision agriculture: trends, challenges and future prospectives,” *Frontiers in Plant Science*, vol. 16, p. 1587869, 2025, doi: 10.3389/fpls.2025.1587869
- [4] Perrot Regnerbau Calw GmbH, Innovative Solutions for Frost Protection, Perrot, 2022. Available: https://www.perrot.de/fileadmin/user_upload/Perrot_Frost_Protection_EN.pdf

Metaverzum i edukacijska robotika u osnovnoškolskom obrazovanju: analiza pedagoških modela i iskustava učitelja i učenika

U suvremenom obrazovanju, koje se neprestano razvija pod utjecajem ubrzanog tehnološkog napretka i inovativnih pristupa učenja i poučavanja, sve više pozornosti posvećuje se istraživanju tehnologija s potencijalom za unapređenje nastavne prakse. Među njima ističe se metaverzum, tehnološki koncept koji objedinjuje virtualnu i proširenu stvarnost kako bi stvorilo imerzivno, višedimenzionalno iskustvo učenja prilagođeno individualnim potrebama učenika [1]. Navedeno okruženje za učenje nadilazi ograničenja fizičkog prostora, omogućuje suradnju u stvarnom vremenu, potiče kreativnost te pruža priliku za iskustveno usvajanje znanja kroz simulaciju i igru, čime se povećava uključenost učenika i oblikuju dinamična i smislena obrazovna iskustva [2, 3].

Većina istraživanja primjene metaverzuma u obrazovanju usmjerena je na visoko obrazovanje, dok njegova integracija u osnovnoškolskom obrazovanju, zajedno sa stavovima i iskustvima učitelja i učenika na toj razini, još uvijek ostaje nedovoljno istražena. Također, obrazovni potencijal metaverzuma i edukacijske robotike posebno dolazi do izražaja u ranim fazama školovanja, kada su motivacija, angažiranost i iskustveno učenje važni za razvoj temeljnih znanja i vještina, stoga njihova promišljena integracija u nastavni proces može značajno unaprijediti kvalitetu učenja i razvoj vještina [4]. U dosadašnjem istraživanju pokazalo se da je razvoj metaverzuma u obrazovnom okruženju često usmjeren na tehnološki aspekt, dok pedagoški aspekt ostaje zanemaren. Polazeći od tih uvida, ovaj rad donosi rezultate triju međusobno povezanih istraživanja provedenih u okviru projekta MetaRoboLearn, usmjerenih na dublje razumijevanje obrazovnog potencijala metaverzuma i edukacijske robotike te mogućnosti njihove integracije u osnovnoškolskom obrazovanju.

Sustavni pregled literature [5] imao je za svrhu analizirati postojeća istraživanja kako bi se istražili primjeri dobre prakse te pedagoški pristupi primijenjeni u učenju u metaverzumu. Analiza je obuhvatila ukupno 129 radova iz baza podataka Web of Science i Scopus. Rezultati su pokazali da se metaverzum u obrazovanju najčešće koristi u formalnom okruženju, iako je zabilježen rast interesa i za njegovom primjenom u neformalnom i informalnom obrazovanju. Najčešće korištene platforme metaverzuma bile su Gather.Town, Unity3D i Spatial.io, dok su se među najčešće korištenim pedagoškim pristupima istaknuli suradničko i individualno učenje, gamifikacija i problemsko učenje. Većina analiziranih radova navodi pozitivne učinke na motivaciju, angažman, suradnju i osjećaj prisutnosti učenika u virtualnom okruženju, no uočen je nedostatak jasne pedagoške utemeljenosti u dizajnu aktivnosti učenja. Posebno je naglašena potreba za razvojem pedagoških modela koji uključuju vođeno suradničko učenje u virtualnim okruženjima kako bi se osigurala svrhovita, strukturirana i uravnotežena interakcija među učenicima.

U sklopu istraživanja provedenog s učiteljima informatike u osnovnim školama [6] provela se anketa u kojoj je sudjelovalo 46 nastavnika. Cilj istraživanja bio je ispitati razinu poznavanja pojma metaverzum, prethodna iskustva s navedenom tehnologijom te stavove o njezinoj primjeni u nastavi. Rezultati su pokazali da nastavnici uglavnom nisu dovoljno upoznati s pojmom metaverzum, pri čemu značajan dio njih uopće nije imao prethodno znanje o toj tehnologiji. Unatoč ograničenom poznavanju, većina nastavnika prepoznala je njegov obrazovni potencijal, osobito u pogledu povećanja motivacije i angažmana učenika.

Mnogi su izrazili spremnost za njegovu primjenu u nastavi kada bi im bili osigurani odgovarajući resursi, uključujući potrebnu opremu, stručnu edukaciju i prilagođene nastavne materijale. Rezultati ukazuju na interes i prepoznat potencijal metaverzuma u osnovnoškolskom obrazovanju, ali i na potrebu za sustavnom podrškom nastavnicima kako bi se osigurala njegova učinkovita integracija u nastavu.

U istraživanju provedenom s ciljem ispitivanja mišljenja i stavova učenika osnovnih škola o edukacijskoj robotici kao sredstvu poticanja motivacije i učenja sudjelovalo je 45 učenika 5. i 6. razreda, u dobi od 10 do 12 godina. Aktivnost je bila osmišljena kao suradnički zadatak u kojem su učenici programirali i upravljali mBot robotima koristeći blokovsko programsko okruženje. Tijekom zadatka učenici su usmjeravali robot po mreži koja je predstavljala koordinatni sustav, savladavali prepreke te dostavljali predmete iz virtualnog poštanskog ureda na različita odredišta. Aktivnost je zahtijevala primjenu vještina rješavanja problema, timske suradnje i računalnog razmišljanja kroz logičko sekvenciranje, planiranje rute i iterativno otklanjanje pogrešaka [7]. Nakon završetka aktivnosti, učenici su ispunili upitnik temeljen na motivacije, prihvaćanja tehnologije i vrijednosne usvojenosti, te odgovorili na otvorena pitanja o svom iskustvu. Rezultati su pokazali visoku intrinzičnu motivaciju, izražen emocionalni angažman i opće zadovoljstvo sudjelovanjem. Kao najzanimljivije aspekte naveli su programiranje, timski rad i savladavanje izazova. Rezultati ukazuju da aktivnosti koje povezuju edukacijsku robotiku i suradnički rad mogu značajno doprinijeti razvoju STEM vještina i povećanju motivacije učenika.

Integracija tehnologije metaverzum i robotike u osnovnoškolsko obrazovanje nosi značajan potencijal, pod uvjetom da se aktivnosti dizajniraju uz uravnoteženo razmatranje tehnoloških i pedagoških aspekata. Dosadašnja istraživanja pokazuju da nastavnici žele koristiti suvremenu tehnologiju u praksi, no često se suočavaju s ograničenjima poput nedostatka znanja, iskustva i institucionalne podrške. S druge strane, učenici na ovakve pristupe reagiraju izrazito pozitivno, pokazujući visoku motivaciju i emocionalnu uključenost. Za uspješnu integraciju ovih tehnologija u nastavni proces potrebno je osigurati stručno usavršavanje nastavnika te razviti kvalitetne nastavne i obrazovne materijale koji će omogućiti njihovu učinkovitu primjenu. U nastavku rada planira se razvoj pedagoško-tehnološkog okvira koji povezuje edukacijsku robotiku i metaverzum, uz paralelno testiranje obrazovnih scenarija u stvarnom nastavnom okruženju.

Ključne riječi – metaverzum, edukacijska robotika, osnovnoškolsko obrazovanje, STEM

Literatura

- [1] A. M. Al-Ghaili et al., "A Review of Metaverse's Definitions, Architecture, Applications, Challenges, Issues, Solutions, and Future Trends," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 125835–125866, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3225638.
- [2] Y. K. Dwivedi et al., "Metaverse beyond the hype: Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy," *International Journal of Information Management*, vol. 66, p. 102542, Oct. 2022, doi: 10.1016/J.IJINFOMGT.2022.102542.
- [3] C. Krauss et al., "Opportunities and Challenges in Developing Educational AI-Assistants for the Metaverse," *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, vol. 14727 LNCS, pp. 219–238, 2024, doi: 10.1007/978-3-031-60609-0_16.
- [4] M. U. Bers, L. Flannery, E. R. Kazakoff, and A. Sullivan, "Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum," *Computers & Education*, vol. 72, pp. 145–157, Mar. 2014, doi: 10.1016/J.COMPEDU.2013.10.020.

- [5] M. Žunić, M. H. Dlab, N. Hoić-Božić, and Z. Pribičević, "Educational Potential of the Metaverse: Systematical Review of Pedagogical Approaches," *International Journal of Distance Education Technologies*, vol. 23, no. 1, 2025, doi: 10.4018/IJDET.382480.
- [6] M. Žunić, M. Holenko Dlab, and K. Stančin, "Exploring Primary School Computer Science Teachers' Perceptions of the Metaverse," in *48th ICT and Electronics Convention MIPRO 2025*, Rijeka, Croatia: Rijeka: Croatian Society for Information, Communication and Electronic Technology – MIPRO, 2025, pp. 1539–1543.
- [7] M. Žunić, M. Holenko Dlab, N. Hoić-Božić, and A. Drobňjak, "Designing Robotics Activities to Enable Data-Informed Learning in the Metaverse," 2025. Prihvaćen. Rad će biti prezentiran na konferenciji International Conference on Learning Evidence and Analytics (ICLEA 2025), Fukuoka, Japan.

Pregled dosadašnjih metoda za generiranje sučelja procesno orijentiranih aplikacija temeljenih na BPMN modelima

Procesno orijentirane aplikacije (POA) zauzimaju sve značajniju ulogu u suvremenom softverskom inženjerstvu jer omogućuju razvoj informacijskih sustava koji u središte stavljaju poslovne procese [1, 2]. Ključni izazov u ovom području predstavlja prijelaz s modela poslovnih procesa, najčešće izrađenih u notaciji BPMN (engl. *Business Process Model and Notation*), na funkcionalne aplikacije. Cilj ovog istraživanja je istražiti metode determinističkog i adaptivnog generiranja aplikacija iz BPMN modela, uz integraciju modernih tehnika strojnog učenja i velikih jezičnih modela radi poboljšanja korisničkog iskustva. Posebna pažnja posvećena je trećoj fazi životnog ciklusa poslovnog procesa – fazi konstrukcije i testiranja, gdje se odvija proces generiranja sučelja procesno orijentiranih aplikacija [3]. U ovoj fazi BPMN modeli se transformiraju u konkretne implementacije, omogućujući kodiranje servisa i procesa te njihovu validaciju i verifikaciju, što čini temelj za daljnju integraciju i optimizaciju sustava.

BPMN modeli omogućuju standardiziranu komunikaciju između sudionika te pružaju grafički prikaz internih procedura [4]. U radu se polazi od pretpostavke da BPMN modeli, obogaćeni dodatnim specifikacijama (npr. UML klasnim dijagramima i *wireframe* skicama korisničkog sučelja), mogu činiti osnovu za generiranje aplikacija koje se dinamički prilagođavaju tijeku procesa [5-7].

Istražene metode obuhvaćaju tri pristupa za generiranje sučelja procesno orijentiranih aplikacija temeljenih na BPMN modelima.

Pristup klasičnog programiranja koristi programske biblioteke i parsere za BPMN modele kako bi se automatizirala transformacija poslovnih procesa u funkcionalne komponente aplikacije. Diaz i suradnici predlažu metodologiju za generiranje korisničkih sučelja temeljenih na BPMN i UML klasnim dijagramima, koristeći stereotipe koji proširuju BPMN notaciju kako bi se omogućila automatska generacija sučelja [8]. Brambilla demonstrira integraciju BPMN modela s WebML modelima za brzu konstrukciju web aplikacija, gdje se procesni dijagrami transformiraju u osnovne strukture web stranica [9]. Lam i suradnici su razvili poluautomatski pristup koji mapira BPMN specifikacije na implementaciju aplikacije, uključujući proširene elemente BPMN modela i pravila za automatsku transformaciju [10].

Pristup upotrebe specijaliziranih alata koristi komercijalne i *open source* alate za vizualno modeliranje i generiranje aplikacija iz BPMN modela. Araújo i Gomes uspoređuju BPMS (engl. *Business process management software*) sustave Bizagi i Bonita, naglašavajući prednosti alata u simulaciji procesa, korisničkoj podršci i jednostavnosti korištenja za analizu i optimizaciju poslovnih tokova [11]. Popa koristi BPM alate za modeliranje transportnih procesa, identificiranje uskih grla i optimizaciju tijeka rada [12]. Brambilla i suradnici predstavljaju WebRatio BPM, alat koji primjenjuje *Model Driven Engineering* tehnike, automatski transformira BPMN modele u WebML modele te generira funkcionalni prototip web aplikacije, čime se omogućuje iterativna optimizacija procesa i kontinuirana evolucija aplikacije [13].

Eksperimentalni pristupi kombiniraju strojno učenje i LLM tehnologije s BPMN modelima kako bi se automatiziralo generiranje grafičkih komponenti i aplikacijskog kôda. De La Cruz i suradnici predlažu GigMaleBPMN metodu koja koristi strojno učenje za

identifikaciju elemenata BPMN modela i automatsko generiranje grafičkih komponenti s pomoću *wireframe* skica. Neto i suradnici razvili su AKIP (engl. *Agile Knowledge Intensive Processes*) platformu koja omogućuje generiranje procesno orijentiranih web aplikacija iz BPMN modela koristeći tehnike generiranja kôda, pružajući podršku za akademske i industrijske scenarije [14]. Uyanik i Sayar prikazuju sustav za automatizirano generiranje kôda i upravljanje procesima u web aplikacijama, temeljen na pristupu usmjerenom na bazu podataka (engl. *database-centric*) [15].

Evaluacija POA sustava predstavlja izazov zbog potrebe mjerenja brzine i točnosti generiranja kôda, prilagodbe sučelja te stvarne upotrebljivosti sustava, uz razlike u složenosti BPMN modela i iskustvu korisnika. Evaluacija sustava obuhvaća tri aspekta: (i) tehnička evaluacija mjeri brzinu generiranja aplikacija, razinu automatizacije i prilagodbu sučelja. Automatizirani procesi, poput onih Uyanik i Sayara, smanjuju vrijeme razvoja s 227,6 min na oko 3 min (učinkovitost +98,68%), smanjuju broj testnih iteracija za 95,84%, eliminiraju pogreške i smanjuju količinu kôda za 36,01% [15]. (ii) Korisnička evaluacija temelji se na anketama programera i BPMN modelera, ocjenjujući jednostavnost korištenja, jasnoću sučelja i brzinu prilagodbe procesa. Studija slučaja u brazilskoj tvrtki pokazala je značajno olakšanje razvoja POA [14]. (iii) Upotrebljivost sustava prati koliko sustav pojednostavljuje razvoj i testiranje BPMN modela kroz automatsko generiranje API-ja, sučelja i interakcija [16, 17].

Analiza dosadašnjih radova pokazuje kako je kvaliteta generiranih sučelja u velikoj mjeri ovisna o kvaliteti BPMN modela i specifikaciji zahtjeva, dok kompleksnost modela često otežava ispravnu transformaciju. U tom kontekstu, primjena umjetne inteligencije, posebice velikih jezičnih modela, može značajno pomoći u rješavanju ovog problema, automatizirajući identifikaciju i interpretaciju složenih modela, predlažući optimizacije sučelja te poboljšavajući dosljednost i kvalitetu generiranih aplikacija.

U okviru budućih istraživanja predlaže se razvoj višeslojne arhitekture, pri čemu će se navedena saznanja i okviri koristiti kao smjernice za daljnji razvoj. Ideja je razviti BPMN *engine* koji prati aktivne procese i dinamički prilagođava sučelje, determinističko generiranje stvara osnovnu strukturu aplikacije, a *backend* osigurava pohranu i dohvat podataka. Veliki jezični modeli dodaju napredne funkcionalnosti, poboljšavaju dizajn i personaliziraju interakcije. Kombinacija determinističkog pristupa i LLM podrške pruža fleksibilno i skalabilno rješenje za procesno orijentirane aplikacije te bi poslužilo kao osnova za razvoj pouzdanih i prilagodljivih sustava.

Ključne riječi – BPMN, procesno orijentirane aplikacije, generiranje sučelja, pregled literature, generativna umjetna inteligencija

Literatura

- [1] M. P., Papazoglou, and D. Georgakopoulos. "Introduction: Service-Oriented Computing." *Communications of the ACM*, vol. 46, no. 10, 1 Oct. 2003, p. 24, <https://doi.org/10.1145/944217.944233>.
- [2] van der Aalst, Wil M. P. "Process-Aware Information Systems: Lessons to Be Learned from Process Mining." *Transactions on Petri Nets and Other Models of Concurrency II*, 2009, pp. 1–26, https://doi.org/10.1007/978-3-642-00899-3_1.
- [3] Papazoglou, Michael P., and Willem-Jan van den Heuvel. "Business Process Development Life Cycle Methodology." *Communications of the ACM*, vol. 50, no. 10, 1 Oct. 2007, pp. 79–85, <https://doi.org/10.1145/1290958.1290966>.
- [4] "BPMN Specification - Business Process Model and Notation." Bpmn.org, 2020, www.bpmn.org. Accessed 22 Sept. 2025.

- [5] Díaz, Eduardo, et al. "A Family of Experiments to Generate Graphical User Interfaces from BPMN Models with Stereotypes." *Journal of Systems and Software*, vol. 173, 16 Dec. 2020, p. 110883, <https://doi.org/10.1016/j.jss.2020.110883>.
- [6] Koç, Hatice, et al. "UML Diagrams in Software Engineering Research: A Systematic Literature Review." *Proceedings*, vol. 74, no. 1, 10 Mar. 2021, p. 13. MDPI, <https://doi.org/10.3390/proceedings2021074013>.
- [7] Marco_Antonio De_La_Cruz, et al. GigMaleBPMN: Generation of Graphical Components from the BPMN Model Using Machine Learning. 22 Nov. 2023, pp. 97–103, <https://doi.org/10.1109/ici2st62251.2023.00021>.
- [8] Diaz, Eduardo, et al. "Towards a Method to Generate GUI Prototypes from BPMN." *2018 12th International Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS)*, 1 May 2018, pp. 1–12, <https://doi.org/10.1109/RCIS.2018.8406675>.
- [9] Brambilla, Marco. Generation of WebML Web Application Models from Business Process Specifications. 1 Jan. 2006, <https://doi.org/10.1145/1145581.1145597>.
- [10] Bao Hoai Lam, et al. An Approach for Application Generation Based on BPMN. *2020 12th International Conference on Knowledge and Systems Engineering (KSE)*, 12 Nov. 2020, <https://doi.org/10.1109/kse50997.2020.9287849>.
- [11] Araújo, Wagner Junqueira de, and Tamara Aureliano Gomes. "Evaluation of Business Process Management Systems (BPMS): Analysis of Bizagi and Bonita Softwares." *RDBCI: Revista Digital de Biblioteconomia E Ciência Da Informação*, vol. 20, 23 Jan. 2023, p. e022023.
- [12] Popa, Catalin. "The Analysis Of Freight Forwarding Services Using The Business Process Modelling Tools." *Scientific Bulletin of Naval Academy*, vol. XXV, no. 2, 15 Nov. 2022, pp. 110–116, <https://doi.org/10.21279/1454-864x-22-i2-011>.
- [13] Brambilla, Marco, et al. "WebRatio BPM: A Tool for Designing and Deploying Business Processes on the Web." *Lecture Notes in Computer Science*, 1 Jan. 2010, pp. 415–429, https://doi.org/10.1007/978-3-642-13911-6_28.
- [14] Neto, Ulisses, et al. AKIP Process Automation Platform: A Framework for the Development of Process-Aware Web Applications. In *Proceedings of the 18th International Conference on Web Information Systems and Technologies – WEBIST*, 1 Jan. 2022, pp. 64–74, <https://doi.org/10.5220/0011550000003318>.
- [15] Uyanik, Burak, and Ahmet Sayar. "Developing Web-Based Process Management with Automatic Code Generation." *Applied Sciences*, vol. 13, no. 21, 1 Jan. 2023, p. 11737, <https://doi.org/10.3390/app132111737>.
- [16] Bangor, Aaron, et al. "An Empirical Evaluation of the System Usability Scale." *International Journal of Human-Computer Interaction*, vol. 24, no. 6, 29 July 2008, pp. 574–594, <https://doi.org/10.1080/10447310802205776>.
- [17] Díaz, Eduardo, et al. "A Family of Experiments to Generate Graphical User Interfaces from BPMN Models with Stereotypes." *Journal of Systems and Software*, vol. 173, 16 Dec. 2020, p. 110883, <https://doi.org/10.1016/j.jss.2020.110883>.

Segmentacija slika korištenjem modela specifičnih za pojedinu klasu temeljenih na dubokom učenju, Gaussovoj mješavini i Bayesovoj vjerojatnosti

Ovaj rad predstavlja napredni okvir za segmentaciju slika [1] prilagođenim modelima dubokog učenja [2] i uz Bayesovu vjerojatnost [3] bez strojnog učenja, s naglaskom na specifične klase objekata u različitim domenama. Sustav je evaluiran na tri različita skupa podataka, na podvodnim snimkama, snimkama površinskih pukotina s Roboflow platforme i kliničkim snimkama magnetske rezonancije (engl. *Magnetic Resonance Imaging - MRI*) srčanog tkiva [4]. Tradicionalni modeli za segmentaciju u više klasa obično koriste jednu monolitnu arhitekturu za sve klase. Međutim, ovaj pristup često ima ograničenja u generalizaciji i performansama, osobito u heterogenim okruženjima poput podvodnih scena, bučnih medicinskih snimaka i vanjskih inspekcija površina. Kako bi se riješili ovi problemi, predloženi okvir razvija zaseban model za svaku klasu, što omogućuje prilagodbu obrade podataka i optimizaciju pragova za svaku domenu.

Glavni doprinosi ovog rada uključuju modularni cjevovod za razvoj modela, korištenje modela specifičnih za svaku klasu i domenu te poboljšanu funkciju gubitka temeljenu na Dice koeficijentu (ekvivalent F1 rezultatu) i optimiziranu za segmentaciju više slika, što poboljšava praktične ishode. Prilagođene tehnike pretprocesiranja i postprocesiranja osmišljene su za povećanje robusnosti modela u različitim uvjetima. Opsežno treniranje i evaluacija provedena je na stvarnim podacima iz tri različite vizualne domene. Cjelokupna metodologija započinje s podacima iz više domena, nastavlja se s prilagođenim pretprocesiranjem (pretvaranje u sive tonove, normalizacija, augmentacija), zatim se razvijaju modeli za svaku klasu, a završava postprocesiranjem (skaliranje i postavljanje pragova) te usporedbom i evaluacijom. Predloženi okvir uspoređen je s konkurentnim metodama, uključujući standardni U-Net [4] i YOLO (engl. *You Only Look Once*) [5] model te druge modele iz literature. U ovom istraživanju ispitane su i hibridne dvosmjerne i konvolucijske LSTM strukture [6] te model Gaussove mješavine [4]. Ocjena je provedena na temelju metrika kao što su Dice koeficijent, omjer presjeka i unije (engl. *Intersection over Union - IoU*), točnost, uravnotežena točnosti (engl. *Balanced Accuracy - BA*) te pozitivna prediktivna vrijednost (engl. *Positive Predictive Value - PPV*) i negativna prediktivna vrijednost (engl. *Negative Predictive Value - NPV*). U podvodnim slikama, predloženi U-Net model uz funkciju gubitka temeljenu na Dice koeficijentu nadmašio je YOLO i druge modele. Iako je YOLO bio bolji u prepoznavanju velikih, nepravilnih struktura poput užadi, U-Net model uz funkciju gubitka temeljenu na Dice koeficijentu je pokazao veću konzistentnost i preciznost u segmentaciji kritičnih defekata kao što su pukotine i udubljenja. Na skupu podataka s pukotinama s Roboflow platforme, U-Net model uz funkciju gubitka temeljenu na Dice koeficijentu je ponovno nadmašio ostale modele, što dokazuje prilagodljivost modela na različite svjetlosne uvjete i teksture. U medicinskoj domeni za segmentaciju krvnih žila, mišićnog tkiva srca, edema i ožiljaka, predloženi pristup U-Net model uz funkciju gubitka temeljenu na Dice koeficijentu nadmašio je ostale ranije spomenute modele. Unatoč tome što je koristio samo jedan modalitet snimanja po klasi, za razliku od tri istovremeno korištene u nekim drugim radovima [4], U-Net model uz funkciju gubitka temeljenu na Dice koeficijentu model je postigao iznimne rezultate.

Uključivanje regularizacije temeljene na prosječnoj vrijednosti i standardnoj devijaciji piksela za svaku klasu poboljšalo je performanse na medicinskim snimkama, što ukazuje

na to da je takva tehnika pogodnija za domene s konzistentnom distribucijom intenziteta piksela. Usporedba s modelima s više klasa pokazala je da pojedinačni modeli po klasi postižu znatno bolje rezultate, osobito za Dice koeficijent i IoU.

Predloženi U-Net modeli značajno su brži u treniranju po epohi i zaključivanju po slici u usporedbi s YOLO modelom. U-Net modeli s većom tolerancijom za rano zaustavljanje (0,005) i većom veličinom šarže (engl. *batch size*) imali su poboljšane ukupne rezultate za medicinske snimke, dok to nije bio slučaj za podvodne slike i pukotine na površini. Iako predloženi okvir pokazuje iznimne rezultate, autori napominju određena ograničenja, uključujući povećane zahtjeve za pohranom i računarskim resursima zbog treniranja zasebnih modela, potrebu za ručnim postavljanjem pragova i slabiju izvedbu na slabo definiranim klasama poput udubljenja u podvodnim strukturama. U-Net [4] i YOLO [5] modeli nadmašuju modele utemeljene na Bayesovoj vjerojatnosti [3], hibridne dvosmjerne i konvolucijske LSTM strukture [6] te model Gaussove mješavine [4] u svim testiranim slučajevima i metrikama.

Zaključno, ovaj rad nudi skalabilan i prilagodljiv okvir za segmentaciju slika koji koristi modele specifične za klasu i domenu. Primjenom optimizirane funkcije gubitka i prilagođenog preprocesiranja, sustav postiže superiorne rezultate u usporedbi s postojećim metodama, čime se premošćuje jaz između teorijskih performansi i primjene u stvarnom svijetu, osobito u ključnim područjima poput inspekcije infrastrukture i medicinske dijagnostike. Budući radovi će istražiti optimizacije za smanjenje računalnih zahtjeva i poboljšati generalizaciju na nove domene.

Ključne riječi – segmentacija slika, podvodno snimanje, detekcija pukotina, medicinsko snimanje

Literatura

- [1] L. Žužić, F. Hrzić i J. Lerga, "Class-specific image segmentation across multiple domains using customized U-Net pipelines," *Expert Systems with Applications*, vol. 296, pp. 129203, 2026.
- [2] L. Žužić, F. Hrzić, X. Li i J. Lerga, "Forecasting the trajectory of personal watercrafts using models based on recurrent neural networks," *Expert Systems with Applications*, vol. 284, pp. 127964, 2025.
- [3] L. Žužić, I. Dražić, L. Simčić, F. Hrzić i J. Lerga, "A Bayesian and Markov chain approach to short-term and long-term personal watercraft trajectory forecasting," *Journal of the Franklin Institute*, vol. 362, no. 3, pp. 107509, 2025.
- [4] M. Schwab, A. Mayr i M. Haltmeier, "Deep Gaussian mixture model for unsupervised image segmentation," u *International conference on machine learning, optimization, and data science*, 2024, pp. 339–352.
- [5] R. Khanam i M. Hussain, "YOLOv11: An Overview of the Key Architectural Enhancements," *arXiv preprint arXiv:2410.17725*, 2024.
- [6] M. Njirjak, L. Žužić, M. Babić, P. Janković, E. Otović, D. Kalafatović i G. Mauša, "Reshaping the discovery of self-assembling peptides with generative AI guided by hybrid deep learning," *Nature Machine Intelligence*, vol. 6, no. 12, pp. 1487–1500, 2024.



ISSN 3102-3568 (*online*)