

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ORGANIZACIJE I INFORMATIKE
V A R A Ž D I N**

Mislav Matijević, Lovro Posarić

**TEHNOLOŠKI STOGOVI PRIMJENE UMJETNE INTELIGENCIJE I
POVEZANIH TEHNOLOGIJA U SUSTAVU OBRAZOVANJA**

Varaždin, 2022.

Ovaj rad izrađen je na Sveučilištu u Zagrebu, Fakultetu organizacije i informatike u Varaždinu u Laboratoriju za primijenjeno softversko inženjerstvo pod vodstvom **izv. prof. dr. sc. Zlatka Stapića** i predan je za natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini **2021./2022.**

Kratice korištene u radu

AI = umjetna inteligencija (engl. *Artificial Intelligence*)

ANN = umjetna neuronska mreža (engl. *Artificial Neural Network*)

AES = automatsko ocjenjivanje radova (engl. *Automatic Essay Scoring*)

AWE = automatska evaluacija pisanja (engl. *Automatic Writing Evaluation*)

DBTS = sustav za poučavanje baziran na dijalogu (engl. *Dialog-Based Tutoring System*)

ELE = eksplorativno okruženje za učenje (engl. *Exploratory Learning Environments*)

ITS = inteligentni sustav za poučavanje (engl. *Intelligent Tutoring System*)

MLP = višeslojni perceptron (engl. *multilayer perceptron*)

SaaS = softver kao servis (engl. *Software as a Service*)

MLaaS = strojno učenje kao servis (engl. *Machine Learning as a Service*)

RESTful = opis web servisa napravljenog po REST specifikaciji
(engl. *Representational state transfer*)

ERASMUS = program Europske Unije za razmjenu studenata
(engl. *EuRopean Community Action Scheme for the Mobility of University Students*)

Sadržaj

Kratice korištene u radu.....	iii
Sadržaj	iv
1. Uvod.....	1
2. Opći i specifični ciljevi rada.....	3
3. Plan istraživanja	5
4. Analiza literature.....	6
4.1. Primjena AI u nastavi (meta-pregled literature).....	6
4.2. Tehnologije umjetne inteligencije (analiza literature).....	21
5. Rezultati	27
5.1. Mogućnosti primjene umjetne inteligencije u nastavi	27
5.2. Tehnologije umjetne inteligencije	31
5.3. Mogućnosti primjene AI u nastavi	35
5.4. Tehnološki stogovi primjene AI u nastavi	46
5.5. Primjer primjene umjetne inteligencije u nastavi	50
5.5.1. BigML	50
5.5.2. Izvorni podaci.....	50
5.5.3. Rezultati obrade.....	52
6. Zaključak	58
Popis literature.....	59
Popis slika	63
Popis tablica	64

1. Uvod

Umjetna inteligencija sve je popularnija u domeni informacijskih tehnologija. Ona omogućava korištenje računalnih resursa u svrhu obrade podataka i generiranja informacija. Brojna su područja primjene umjetne inteligencije koja iz dana u dan postaje sve više integrirana u različite procese ljudskog života. Jedno od područja koje također ima veliki potencijal za primjenu umjetne inteligencije je područje obrazovanja. Ovaj rad istražuje mogućnosti primjene umjetne inteligencije u obrazovanju.

Kako bi proces poučavanja držao korak s razvojem tehnologije, potrebno je metode i alate poučavanja modernizirati isprepletanjem modernih tehnologija s procesom prenošenja i vrednovanja znanja. Trenutno je umjetna inteligencija iznimno aktualna tehnologija, pa se postavlja pitanje kako ju koristiti u nastavi ali i u drugim aspektima obrazovanja. Promišljajući o ovoj temi, neka od pitanja koja se sama po sebi nameću su: Koji su načini primjene umjetne inteligencije u nastavi i obrazovanju? Koje tehnologije, tehnike i alate se može koristiti i kako ih objediniti u cjelovite tehnološke stogove radi korištenja u nastavi i obrazovanju?

Stoga, ciljevi ovoga rada su istražiti i odgovoriti na istraživačka pitanja iz navedene domene. Kroz razradu, analizu i prikaz rezultata za tri istraživačka pitanja, koja su specificirana u drugom poglavlju, želimo dati holistički odgovor o mogućnostima primjene tehnologija umjetne inteligencije u obrazovanju, kao i prikazati izradu prototipa konkretnog primjer primjene u umjetne inteligencije u nastavi korištenjem modernih alata.

Nakon specifikacije istraživačkih pitanja, treće poglavlje predstavlja metodološki okvir i plan istraživanja dok četvrto poglavlje prikazuje meta-pregled literature, odnosno identificirane relevantnih pregledne radove na temu korištenja umjetne inteligencije u nastavi. Ta će literatura biti korištena u rezultatima rada kako bi se poduprlo mnoštva primjera. U drugom dijelu četvrtoga poglavlja bit će opisani ostali korišteni relevantni izvori literature.

Peto poglavlje obuhvatit će rezultate rada, odnosno odgovore na postavljena istraživačka pitanja. Bit će ponuđeni načini korištenja umjetne inteligencije u nastavi te pregled tehnologija umjetne inteligencije i ostalih pojmova vezanih uz korištenje umjetne inteligencije u nastavi. Na kraju teorijskog dijela bit će prikazani tehnološki stogovi pomoću kojih je moguće ostvariti primjenu umjetne inteligencije. Tehnološki stog, koji predstavlja niz tehnologija koje isključivo integrirane u cjelovit sustav daju mogućnost korištenja istih u nastavi ili drugoj željenoj svrsi. Zbog mnoštva tehnologija, njihova integracija u konačna rješenja postaje izazovan zadatak, a ovim radom prikazat će se nekoliko primjera mogućih integracija.

U posljednjem dijelu rada prikazat ćemo razvoj i korištenje modela umjetne inteligencije u analizi podataka kontinuiranog praćenja na kolegiju Programsko inženjerstvo koji se predaje na Fakultetu organizacije i informatike u Varaždinu.

Zaključno, autori donose osvrt na postignute ciljeve rada te kritički promatraju ograničenja ovoga istraživanja, kao i mogućnosti budućih istraživanja na navedenu temu.

2. Opći i specifični ciljevi rada

Ovo istraživanje bavi se odgovorom na pitanje: „Kako se umjetna inteligencija može koristiti u nastavi?“ Pokušava se dokazati da bi se kvaliteta obrazovanja znatno poboljšala ako bi se iskoristio potencijal umjetne inteligencije u nastavi. Istraživanje obrađuje ovu temu pomoću tri istraživačka pitanja. Njima se žele jasnije postići ciljevi rada i oblikovati logičku cjelinu ovoga rada:

- IP1: „Koje su mogućnosti i primjeri primjene umjetne inteligencije u nastavi?“
- IP2: „Koje tehnologije umjetne inteligencije danas postoje, a koje se mogu koristiti u nastavi?“
- IP3: „Koji su primjeri tehnoloških stogova integracije različitih tehnologija umjetne inteligencije u cjelovito rješenje koje se može koristiti u nastavi?“

Odgovor na prvo istraživačko pitanje nužan je kako bi se odredio mogući doprinos ovoga rada u tom području, a dobiven je sistematskom analizom dostupne znanstvene literature na internetu. Ovdje se identificiraju elementi i dijelovi procesa bitnih u nastavi koji se mogu unaprijediti umjetnom inteligencijom. Klasičnim istraživanjem literature cilj je doći do raznih koncepata poput umjetne inteligencije koja osmišljava nastavne materijale, kolegije i/ili modele praćenja. Dodatno, specifični ciljevi su provesti meta-pregled literature, to jest analizu brojnih preglednih radova uglednih svjetskih znanstvenika koji su se već bavili ovom temom.

Drugo istraživačko pitanje naglasak stavlja na tehnološko područje, a odgovor na njega uključuje i teorijsko pokriće korištenja umjetne inteligencije. Bitno je raščlaniti razne pojmove i tehnologije te ih definirati. Izazov pri odgovaranju na ovo pitanje jest što je većina izraza na engleskome jeziku i prijevod za njih još nije ustaljen u hrvatskom govornom jeziku, stoga je specifičan cilj ovoga rada doprinijeti standardizaciji termina povezanih s umjetnom inteligencijom u hrvatski književni jezik.

Treće istraživačko pitanje bavi se potrebnim tehnologijama i tehnološkim stogovima za implementaciju tehnologija umjetne inteligencije koje su identificirane u odgovorima na prethodna pitanja.

Kako bi se praktično pokazale mogućnosti integracije tehnologija odabranog tehnološkog stoga, rad također uključuje i studiju slučaja u kontekstu praktičnog primjera strojnog učenja radi analize kontinuiranog praćenja na kolegiju Programsko inženjerstvo na Fakultetu organizacije i informatike koristeći platformu BigML i preko 900 podataka o praćenim studentima (anonimno). Specifičan je cilj ovoga rada pokazati brojne mogućnosti integracije

tehnologija, pri čemu sam proces integracije ne mora uvijek i nužno biti kompliciran, skup, nefleksibilan i slično.

Navedena istraživačka pitanja definiraju istraživački okvir ovoga rada, dok sljedeće poglavlje donosi detalje o planu istraživanja i korištenim znanstvenim metodama koji će biti korišten u ovom istraživanju kako bi se odgovorilo na postavljena istraživačka pitanja.

3. Plan istraživanja

U prethodnom poglavlju cilj je rada razložen na tri istraživačka pitanja. Kako bi se na njih odgovorilo, bitno je znati načine na koji će se pristupiti svakom istraživačkom pitanju i metode kojima će se definirati odgovori na ta pitanja. Ovo poglavlje definirat će te načine.

Plan istraživanja u svrhu odgovora na prvo istraživačko pitanje (IP1 - Koje su mogućnosti i primjeri primjene umjetne inteligencije u nastavi?) jest provesti **meta-pregled literature**. Koristit će se baza znanstvenih radova „Web of science“. Za pretragu relevantne literature, koristit će se izraz (*"artificial intelligence" OR AI*) AND (*education or teaching*), pri čemu će rezultati pretraživanja biti ograničeni isključivo na pregledne znanstvene radove. Nakon identifikacije radova, bit će provedene metode **analize** rezultata preglednih istraživanja, te **sinteze** rezultata u konačan set mogućnosti i primjera primjene AI u nastavi.

U kontekstu drugog istraživačkog pitanja (IP2 - Koje tehnologije umjetne inteligencije danas postoje, a koje se mogu koristiti u nastavi?) biti će napravljen klasični **pregled literature**, to jest pregled istraživanja i izvještaja o praktičnim primjenama i proizvodima kojima su tehnike umjetne inteligencije primijenjene za uporabu u nastavi. Bit će analizirana **relevantna znanstvena ali i stručna literatura**, kao i **sivi izvori** (eng. gray literature) to jest izvori, dokumenti, izvješća, i drugi artefakti dostupni na internetu. Identificirane tehnologije biti će sistematizirane i kratko opisane.

Za treće istraživačko pitanje „Koji su primjeri tehnoloških stogova integracije različitih tehnologija umjetne inteligencije u cjelovito rješenje koje se može koristiti u nastavi?“ nije posebno tražena nova literatura, već je korištena ranije razmatrana literatura, ali i zaključci koji su doneseni u prethodnim fazama. **Analizom** mogućnosti ali i ograničenja integracije, poseban znanstveni doprinos rada predstavlja prijedlog različitih mogućnosti integracije prikazanih tehnologija u cjelovite tehnološke stogove. Dodatno, biti će provedena **studija slučaja** te napravljen **razvoj prototipa** gotovog rješenja, kako bi se analizirali i pokazali praktični aspekti integracije.

Plan istraživanja i aktivnosti koje se odnose na IP1 i IP2 u velikoj mjeri se oslanjaju na analizi literature (meta pregled literature i analiza sivih izvora). Zbog većeg broja referenci, autori će koristiti sustav za upravljanje referencama **Zotero** koji ima mogućnost i izrade dijeljene biblioteke koja se sinkronizira između autora rada. U analizi i sintezi su korišteni i drugi pomoćni alati, kao što su obračunske tablice, uređivači teksta, BigML, alati za uređivanje slika i drugi.

4. Analiza literature

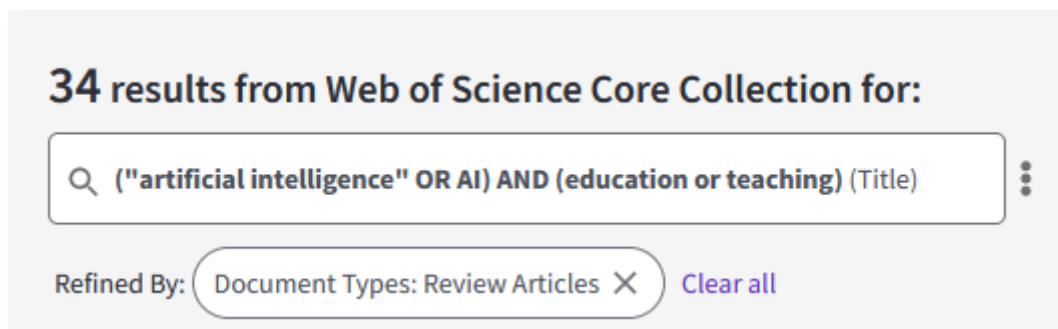
Ovo poglavlje donosi izvješće o provedenim analizama i drugim koracima istraživanja koja su imala za cilj odgovoriti na prva dva istraživačka pitanja (IP1 i IP2). Zbog kompleksnosti materije i obimu rezultata, poglavlje će biti podijeljeno u dva potpoglavlja, pri čemu će svako potpoglavlje prikazati provedbu metoda u sklopu vlastitog istraživačkog pitanja.

Kroz ta dva poglavlja bit će proveden prethodno navedene istraživačke metode, počevši s **meta-pregledom** literature i radova o primjeni umjetne inteligencije u obrazovanju i **analizom i pregledom** tehnologija koje su već primijenjene ili se istražuju za uporabu u nastavi.

4.1. Primjena AI u nastavi (meta-pregled literature)

Kako bi se pronašli relevantni pregledni radovi, naslovi su filtrirani na one koji sadržavaju pojmove „artificial intelligence“, „AI“, „education“ i/ili „teaching“. Na taj filter dobiven je 891 rezultat, a daljnjim filtriranjem na radove koji su objavljeni tijekom vremenskog intervala od 2019. do 2022. i na pregledne članke (engl. *Review articles*) dobivena su 32 rada.

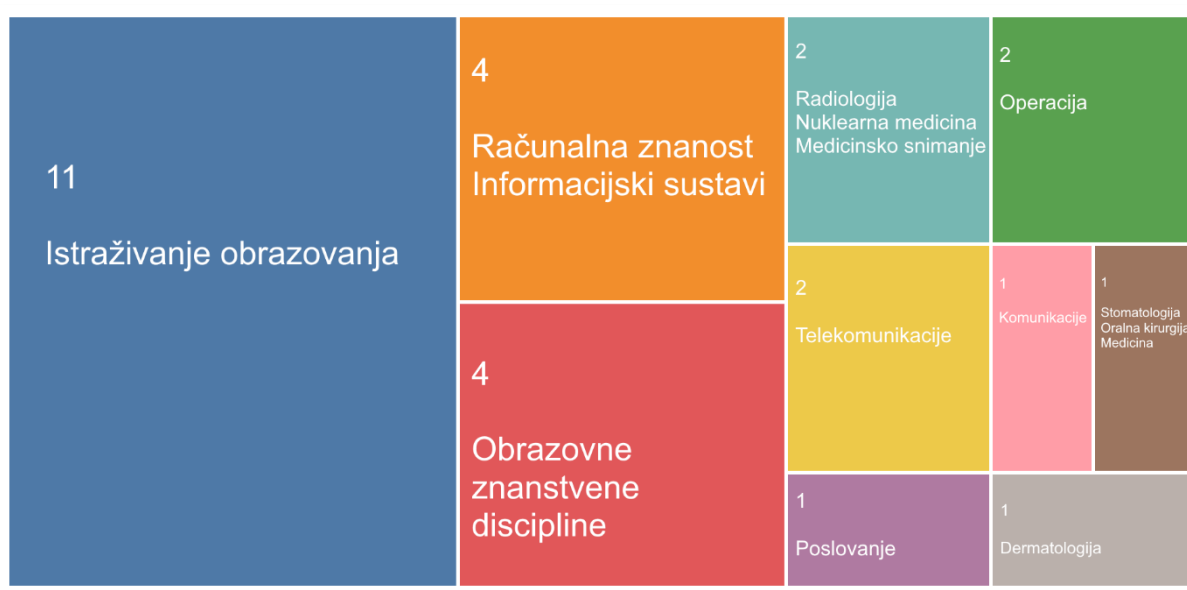
Iduća slika prikazuje *Web of Science* prostor za unos teksta za pretragu te broj pronađenih radova po zadanom izrazu.



Slika 1: Definicija pretrage baze radova

Slika 1 prikazuje da je s navedenim filterom nad naslovima pronađeno 34 rezultata na bazi podataka radova Web of Science. Vidljivo je da su po tipovima dokumenata uključeni pregledni radovi, a na drugome je mjestu na web stranici definiran vremenski raspon za koji su radovi pretraživani.

Radovi koji su dobiveni grupirani su po temama kao na slici 2.



Slika 2: Prikaz tema radova, prerada autora prema Web of Science

Gornja slika 2 referenca je na rezultate pretraživanja baze radova, a dostupna je preko poveznice: webofscience.com/wos/woscc/analyze-results/ce20eb2e-0cb8-46b9-9ef7-287cdcb949d7-40b2b9bf

Analiza broja objava radova po godinama pokazala je vidljiv trend porasta popularnosti ove teme među radovima, što potvrđuje relevantnost teme kao i interes znanstvene i stručne zajednice. Prije 2019. godine identificirana su samo 2 rada, a svi ostali filtrirani radovi objavljeni su tijekom prethodne četiri godine, s najviše radova u prethodnoj i prošloj godini.

Tablica 1: Broj identificiranih radova po godinama

Godina	Broj radova
prije 2019 (isključeni)	2
2019	6
2020	4
2021	14
2022	8

Do polovice ove godine već je objavljeno 8 radova pa je vrlo moguće da će broj istraživanja ili pregleda istraživanja ove godine premašiti prošlogodišnji broj, barem na bazi *Web of science*. Ipak, nisu svi identificirani radovi relevantni i za ovaj rad.

Popis svih preglednih radova identificiranih pretraživanjem baze prikazan je u tablici ispod (Tablica 2).

Tablica 2: Identificirani radovi po rednim brojevima

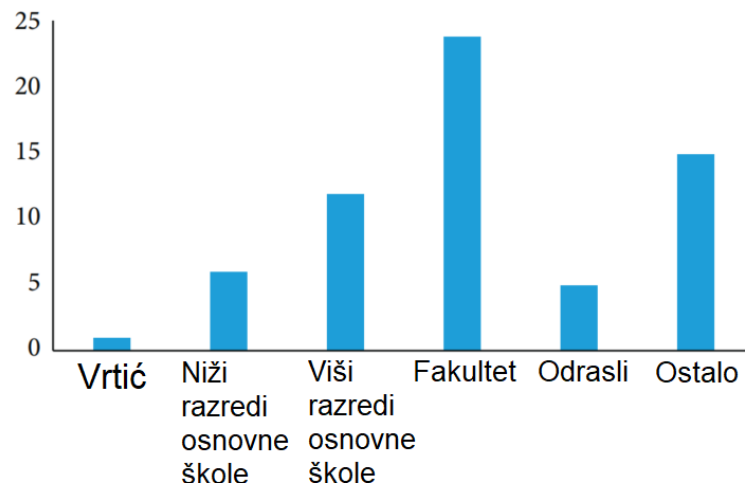
Br.	Naslov	Autori	Indeksiran
1	A Review of Artificial Intelligence (AI) in Education from 2010 to 2020	Xuesong Zhai i sur.	13.7.2021.
2	Artificial Intelligence in Education: A Review	Lijia Chen, Pingping Chen, Zhijian Lin	20.5.2020.
3	Artificial intelligence for precision education in radiology	Michael Tran Duong i sur.	7.11.2019.
4	Artificial Intelligence and its Implications in Higher Education	Yolvi Ocana-Fernandez, Luis Alex Valenzuela- Fernandez, Luzmila Lourdes Garro-Aburto	9.7.2019.
5	Artificial intelligence in dermatopathology: Diagnosis, education, and research	Amy Wells i sur.	10.2.2021.
6	Artificial Intelligence: Patient Care and Health Professional's Education	Divya Bhardwaj	22.1.2019.
7	Artificial Intelligence in Undergraduate Medical Education: A Scoping Review	Juehea Lee i sur.	1.12.2021.
8	Surgical data science and artificial intelligence for surgical education	Thomas M. Ward	21.7.2021.
9	Perspectives to address artificial intelligence in journalism teaching. A review of research and teaching experiences	Gloria Gomez-Diago	22.3.2022.
10	Artificial Intelligence Techniques for Distance Education: A Systematic Literature Review	Aayat Aljarrah	1.1.2022.
11	What can artificial intelligence teach us about the molecular mechanisms underlying disease?	Gary Cook, Vicky Goh	24.12.2019.
12	Artificial intelligence applications in Latin American higher education: a systematic review	Sdenka Zobeida Salas-Pilco, Yuqin Yang	26.4.2022.
13	Artificial Intelligence and Surgical Education: A Systematic Scoping Review of Interventions	Abirami Kirubarajan i sur.	17.3.2022.
14	The development of artificial intelligence in education: A review in context	Son T. H. Pham, Pauline M. Sampson	18.6.2022.
15	Challenges and Future Directions of Big Data and Artificial Intelligence in Education	Hui Luan i sur.	11.11.2020.
16	Artificial Intelligence and Machine Learning Approaches in Digital Education: A Systematic Revision	Hussan Munir i sur.	3.5.2022.
17	Scoping review of artificial intelligence and immersive digital tools in dental education	Mohammad Ali Saghiri i sur.	6.1.2022.
18	The era of artificial intelligence and virtual reality: transforming surgical education in ophthalmology	Shaunak K. Bakshi i sur.	27.11.2021.
19	Artificial intelligence in education: a review of the literature in international scientific journals	Fernando Alain Incio Flores i sur.	27.2.2022.

20	Application of Artificial Intelligence in Diabetes Education and Management: Present Status and Promising Prospect	Juan Li i sur.	7.7.2020.
21	Artificial Intelligence in Education Research During the Last Ten Years: A Review and Bibliometric Study	Binar Kurnia Prahani i sur.	17.5.2022.
22	Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education - where are the educators?	Olaf Zawacki-Richter i sur.	29.1.2020.
23	Role of 5G and Artificial Intelligence for Research and Transformation of English Situational Teaching in Higher Studies	Haojie Yu, Shah Nazir	5.5.2022.
24	Emotion AI in education: a literature review	Stefan Reindl	19.3.2022.
25	Artificial intelligence in online higher education: A systematic review of empirical research from 2011 to 2020	Fan Ouyang, Luyi Zheng, Pengcheng Jiao	10.3.2022.
26	Use of artificial intelligence and virtual reality within clinical simulation for nursing pain education: A scoping review	Joanne Harmon i sur.	19.3.2021.
27	Roles and Research Trends of Artificial Intelligence in Mathematics Education: A Bibliometric Mapping Analysis and Systematic Review	Gwo-Jen Hwang, Yun-Fang Tu	20.5.2021.
28	AI: new source of competitiveness in higher education	Erin Hannan, Shuguang Liu	18.8.2021.
29	Medical education trends for future physicians in the era of advanced technology and artificial intelligence: an integrative review	Eui-Ryoung Han i sur.	4.2.2020.
30	Pedagogy of Emerging Technologies in Chemical Education during the Era of Digitalization and Artificial Intelligence: A Systematic Review	Wang-Kin Chiu i sur.	30.5.2022.
31	Roles and research foci of artificial intelligence in language education: an integrated bibliographic analysis and systematic review approach	Jia-Cing Liang i sur.	8.8.2021.
32	Defining the Boundaries Between Artificial Intelligence in Education, Computer-Supported Collaborative Learning, Educational Data Mining, and Learning Analytics: A Need for Coherence	Bart Rienties i sur.	17.7.2020.

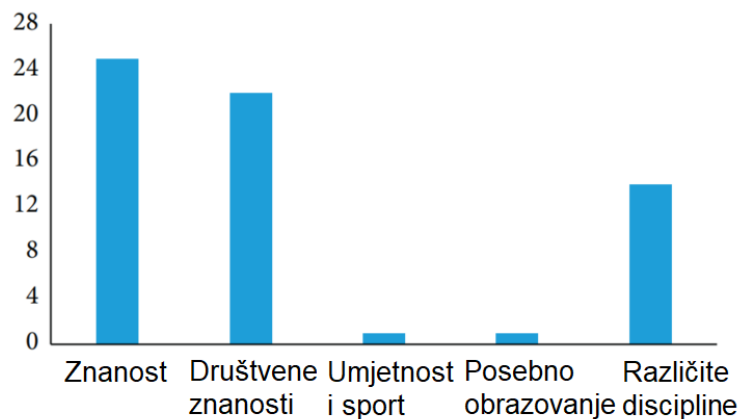
U svakome od radova prvo je pregledan sažetak, pa ako se ispostavilo da je sažetak relevantan, detaljnije je pregledan sadržaj rada. Svi su odabrani radovi javno dostupni kroz sustav pristupa bazama podataka (online-baze). U nastavku poglavlja opisani su svi identificirani radovi uz obrazloženja zašto su uzeti u razmatranje ili zašto nisu.

1. A Review of Artificial Intelligence (AI) in Education from 2010 to 2020 od Zhai i suradnika. Taj rad analizirao je sadržaj 100 drugih radova publiciranih u razdoblju 2010. do 2020. kako bi otkrio način korištenja umjetne inteligencije u obrazovanju te potencijalne

istraživačke trendove i izazove u tom području. Analizom sadržaja prikazane su vrste istraživačkih pitanja po slojevima: razvojni sloj koji čine klasifikacija, povezivanje, preporuke, duboko učenje; aplikacijski sloj koji čine povratne informacije, razum, prilagodljivo učenje; integracijski sloj koji čine igranje uloga i igrifikacija (engl. *gamification*). Istaknut je izazov korištenja umjetne inteligencije u obrazovanju zbog promjena uloga umjetne inteligencije iz učenika u učitelja. [1] Korist ovoga rada u sklopu prvog istraživačkog pitanja jest što opisuje mnogo drugih radova i olakšava analiziranje dostupnog sadržaja za istraživanje.



Slika 3: Broj pregledanih radova po razini obrazovanja, prema [1]

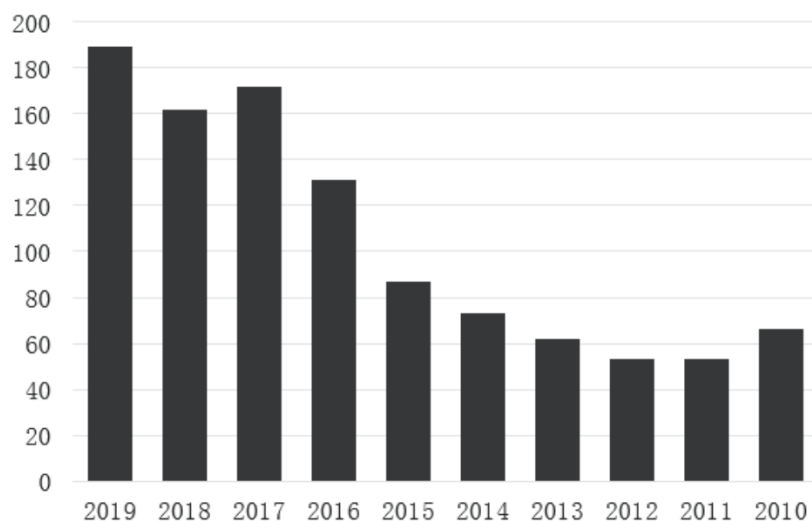


Slika 4: Broj pregledanih radova po područjima, prema [1]

2. Artificial Intelligence in Education: A Review od Chena i suradnika. Ovaj rad procjenjivao je utjecaj umjetne inteligencije na obrazovanje u okviru primjene i utjecaja umjetne inteligencije u upravljanju, poučavanjima i učenju. Korištena je kvalitativna analiza pristupom pregleda literature. Rad je utvrdio da se umjetna inteligencija široko koristi u obrazovanju u različitim oblicima. Umjetna inteligencija je početno bila vezana uz računalo, a zatim se

dogodio prijelaz u *online* sustav. Konačno, s ugrađenim računalnim sustavima (engl. *embedded computer systems*), zajedno s drugim tehnologijama, humanoidnim robotima i internetskim *chatbotovima*, omogućuje izvođenje nastavnih zadataka i radi neovisno o nastavniku. Koristeći te platforme, nastavnici su u mogućnosti raditi druge administrativne poslove, poput kvalitetnijeg izvođenja nastavnih aktivnosti te efikasnijeg i efektivnijeg pregleda i ocjenjivanja studentskih radova. S druge strane, zbog toga što sustavi koriste strojno učenje i prilagodljivost, kurikulum i sadržaj prilagođeni su u skladu s učeničkim potrebama i u radu se iznosi da je poboljšana kvaliteta podučavanja. [2] Ovaj rad daje dobru podlogu za okvir istraživačkoga pitanja na koje se njime pokušava odgovoriti jer navodi primjere i načine korištenja umjetne inteligencije u obrazovanju.

Rad također prikazuje graf broja radova koji dotiču temu umjetne inteligencije i obrazovanja po godinama. Graf je prikazan na slici 5.



Slika 5: Radovi na Web of Science i na Google Scholaru s ključnim riječima „AI“ i „Education“ u proteklih 12 godina, prema [2]

Po slici 5 da se zaključiti da popularnost ove teme raste. U samo 9 godina broj radova na temu umjetne inteligencije u obrazovanju porastao je za više od duplo. Tijekom pretrage Web of Science za potrebe ovoga rada, 2019. godina je dala najmanje rezultata kao što je vidljivo u tablici 1. Zaključak je da interes za ovu temu raste velikom brzinom.

3. Artificial intelligence for precision education in radiology od Duonga i suradnika. Rad je specifičan za studij medicine i ističe da je mnogo pažnje usmjereno na poučavanje studenata radiologije o umjetnoj inteligenciji umjesto da umjetna inteligencija poučava studente, gdje bi upute bile prilagođene pojedinim studentima s obzirom na njihove stilove

učenja i potrebe. Ovaj rad specifično naglašava studij radiologije, a podosta je apstraktan po pitanju korištenja umjetne inteligencije u nastavi, pa je s njega maknut naglasak i nije dalje razmatran.

4. ***Artificial Intelligence and its Implications in Higher Education*** kojega su objavili autori Yolvi Ocana-Fernandez, Luis Alex Valenzuela-Fernandez i Luzmila Lourdes Garro-Aburto. Oni smatraju da novi izazovi informacijskog društva zahtijevaju da učilišta učine velike promjene u svojoj ustaljenoj provedbi obrazovanja. Umjetna inteligencija omogućava bitno poboljšanje obrazovanja na raznim razinama, s neviđenim kvalitativnim poboljšanjem: personalizacija učenja studenata prema njihovim potrebama, upravljajući integriranjem različitih vrsta ljudske interakcije i informacijske i komunikacijske tehnologije. Time bi moderna sveučilišta lakše razvijala digitalne sposobnosti radi treniranja boljih profesionalaca koji razumiju i razvijaju tehnološku okolinu u skladu s vlastitima potrebama. [3] Ovaj rad aktualan je u kontekstu ovoga istraživačkoga pitanja jer se bavi visoko školstvo. U hrvatskom obrazovnom sustavu jednostavnije se čini implementirati umjetnu inteligenciju u kolegij na fakultetu nego u školski sat u osnovnoj ili srednjoj školi.

5. ***Artificial intelligence in dermatopathology: Diagnosis, education, and research*** objavljen od autora Wellsa i suradnika. Ovaj rad vezan je usko uz biologiju, konkretno uz klasifikaciju bazalnih stanica karcinoma, seboroičnu keratozu i konvncionalne nevuse. Nije vezan uz temu koju obrađuje ovaj rad pa nije razmatran.

6. ***Artificial Intelligence: Patient Care and Health Professional's Education*** od autorice Divyje Bhardwaj, također je vezan uz područje medicine, konkretno uz korištenje umjetne inteligencije za pomoć medicinskom osoblju u izvršavanju jednostavnih zadataka kako bi se ono moglo usmjeriti na izvršenje složenijih zadataka. Kao takav nije više razmatran.

7. ***Artificial Intelligence in Undergraduate Medical Education: A Scoping Review*** od autora Leeja i suradnika. Rad je vezan uz medicinu, a daje pregled različitih radova iz mnoštva država vezanih uz utjecaj i korištenje umjetne inteligencije na zdravstvo i medicinsko obrazovanje (konkretno, preddiplomski studij medicine). Rad diskutira smisao i koristi kurikuluma generiranog umjetnom inteligencijom i kao takav, za razliku od prethodnih navedenih radova s medicinskom tematikom, ovaj rad je uzet u obzir pri odgovaranju na postavljeno istraživačko pitanje.

8. ***Surgical data science and artificial intelligence for surgical education*** autora Warda i suradnika. Zbog specifičnosti za područje medicine i operacija nije razmatran u okviru ovoga rada.

9. ***Perspectives to address artificial intelligence in journalism teaching. A review of research and teaching experiences*** autorice Glorije Gomez-Diago. Ona ističe da je

umjetna inteligencija odsutna u preddiplomskim i diplomskim studijima komunikacije u Španjolskoj. Ipak, rad se fokusira na novinarstvo pa nije daljnje razmatran.

10. ***Artificial Intelligence Techniques for Distance Education: A Systematic Literature Review*** autora Aljarraha i suradnika. Rad ističe da se edukacija u trenutnom dobu oslanja na velike podatke (engl. *big data*), a da je umjetna inteligencija popularna tehnologija za procesiranje i analiziranje velikih podataka koju koriste i obrazovne ustanove. Ovaj pregled radova analizirao je radove koji su povezani s poboljšanjem obrazovnog sustava korištenjem tehnika umjetne inteligencije poput dubokog učenja, strojnog učenja i računanja naklonosti (engl. *affection computing*). Cilj je otkriti rupe u studentskom emocionalnom razumijevanju udaljenih obrazovnih sustava, a ističe se da je pandemija COVID-19 utjecala na mijenjanje svih obrazovnih procesa na udaljeno učenje. Napomenuto je da su rezultati pokazali kako ovakvi sustavi imaju visok stupanj uspjeha, međutim da nastavnici ne razumiju u potpunosti emocionalno stanje učenika tijekom obrazovnog sata. [4] Ovaj rad ne cilja striktno na korištenje umjetne inteligencije u prijenosu gradiva, već se odnosi na emocije i kao takav doprinosi odgovoru na postavljeno istraživačko pitanje sa strane potpore sustavu učenja.

11. ***What can artificial intelligence teach us about the molecular mechanisms underlying disease?*** autora Garyja Cooka i Goha Vickyja. Rad se usko veže uz korištenje umjetne inteligencije za poboljšanje karakteriziranja tumora, što izlazi iz okvira ovoga rada pa neće biti razmatran.

12. ***Artificial intelligence applications in Latin American higher education: a systematic review*** autorice Sdenke Zobeide Salas-Pilco i autora Yuqina Yanga. Oni navode kako je istraživački interes za upotrebu umjetne inteligencije rastao tijekom prošlog desetljeća te kako umjetna inteligencija ima velik potencijal u obrazovanju, na kojem području je nedavno nastao istraživački fokus. Rad proučava njeno korištenje na visokim učilištima u Latinskoj Americi. Nakon prepoznavanja radova koji razmatraju umjetnu inteligenciju u okviru inovacija u obrazovanju, autori su proučili korištenje umjetne inteligencije u tri obrazovna procesa: u upravljanju, poučavanjima i učenju. Ovdje je prepoznata sličnost s drugim identificiranim radom, koji prepoznaje ista tri procesa. Svaki rad je analiziran po tehnikama korištenja umjetne inteligencije, poput strojnog učenja, dubokog učenja i obrade prirodnog jezika. Rezultati pokazuju da su glavne koristi umjetne inteligencije u obrazovanju predvidivo modeliranje, inteligentna analiza, pomoćna tehnologija, automatska analiza sadržaja i analiza slika. Nadalje je demonstrirano kako korištenje umjetne inteligencije pomaže u rješavanju bitnih obrazovnih problema, poput prepoznavanja rizika odustajanja od studiranja kod studenta, i time se pridonosi kvaliteti obrazovanja. [5] Ovaj rad prikazuje konkretne načine korištenja umjetne inteligencije u obrazovanju i kao takav je koristan.

13. ***Artificial Intelligence and Surgical Education: A Systematic Scoping Review of Interventions*** autora Kirubarajana i suradnika. Rad se bavi obećavajućim primjenama umjetne inteligencije u kirurškom obrazovanju, no ispada iz okvira ovoga rada pa stoga neće biti razmatran.

14. ***The development of artificial intelligence in education: A review in context*** autora Phama i Sampsona. Ova dva autora smatraju da škole oko svijeta nisu dobro opremljene za praćenje aktualnih trendova proširenja umjetne inteligencije u društvu i ekonomiji te kako ignoriraju taj rast. Time se ne sprječava širenje različitih vrsta projekata baziranih na umjetnoj inteligenciji po školama koje često provode korporacije potaknute namjerama koje možda nisu povezane s dugoročnim obrazovnim ciljevima učeničkog uspjeha, različitosti, jednakosti i uključenosti. Rad je namijenjen rješavanju rastućeg jaza između brzog razvoja umjetne inteligencije i sporije primjene tehnologije u obrazovanju te predložiti važnu sponu gradnje tehnološkog vodstva učitelja radi pripreme za rast umjetne inteligencije u obrazovanju. Kontekstualni pregled razmatra polje razvoja umjetne inteligencije u obrazovanju kroz tri pogleda: konceptualni, praktični i istraživački kontekst. Rad je otkrio da postoji hitna potreba za istraživanjem i razvojem u pripremi nastavnika, kao i u filozofiji tehnologije u obrazovanju kako bi se premostio jaz između AI i obrazovanja. [6] Ovaj rad obuhvaća i povijest umjetne inteligencije i razvoj umjetne inteligencije, ali i koncepte umjetne inteligencije u kontekstu obrazovanja. Kao takav pruža drugi pogled na pronalazak odgovora na postavljeno istraživačko pitanje.

15. ***Challenges and Future Directions of Big Data and Artificial Intelligence in Education*** autora Luana i suradnika. Rad raspravlja o novim izazovima i smjerovima suočavanja s korištenjem velikih podataka i umjetne inteligencije u istraživanju obrazovanja. Autori navode kako su posljednjih godina koristi velikih podataka i umjetne inteligencije u obrazovanju znatno napredovale te kako stvari više nisu na razini dokazivanja koncepta (engl. *proof-of-concept*), demonstracija i primjera korištenja tehnika, već da se počinje uočavati značajno posvajanje u mnogim područjima obrazovanja. Glavni trendovi istraživanja u toj domeni su povezani s procjenom, individualiziranim učenjem i preciznim učenjem. Pristupi analiziranja podataka po modeli uskoro će voditi razvoj, interpretaciju i provjeru algoritama. Ipak, autori navode da bi se zaključci iz analize obrazovanja trebali koristiti s pažnjom. Na razini edukacijske politike, vlade bi trebale podržavati cjeloživotno učenje. Navodi se kako bi se trebale uspostaviti recipročne i obostrano korisne veze kako bi se poboljšala suradnja sveučilišta i industrije. Raspravlja se o dijalogu između onih koji su za „hladnu“ tehnologiju i onih koji stoje na strani „tople“ čovječnosti kako bi se došlo do većeg razumijevanja među nastavnicima i učenicima o tehnologiji i prilikama i izazovima koje donose veliki podaci i

revolucija umjetne inteligencije – sve radi najboljih pedagoških praksi i učenja. [7] Ovaj rad je relevantan jer se izričito bavi obrazovanjem.

16. *Artificial Intelligence and Machine Learning Approaches in Digital Education: A Systematic Revision* objavljen je od autora Hussan Munira, Bahtijar Vogela i Andreasa Jacobssona, a bavi se koristima umjetne inteligencije i tehnika strojnog učenja. Navodi se da su koristi te dvije tehnologije znatno porasle proteklih par godina sa stalno rastućom količinom podataka, potrebom za mijenjanjem visokog školstva te digitalnim obrazovanjem. Ovi obrazovni podaci mogu se koristiti s tehnikama umjetne inteligencije i strojnog učenja kako bi se poboljšalo digitalno obrazovanje. Rad daje dva doprinosa: istražuje literaturu i naglašava teme iz literature o koristima umjetne inteligencije u digitalnom obrazovanju. Spojeni dokazi govore o tome da su spomenute tehnike korištene u nekoliko vrsta digitalnog učenja, a konkretno se koriste inteligentni tutori, predviđanja odustajanja/ispisivanja studija, predviđanja uspjeha, prilagodljivo i predvidljivo učenje i stilovi učenja, analize i grupno učenje, automatizacija, umjetne neuronske mreže itd. [8] Ovaj rad stavlja naglasak na digitalno učenje i daje konkretne primjere korištenja umjetne inteligencije u nastavi te je stoga itekako koristan u kontekstu ovog istraživačkog pitanja.

17. *Scoping review of artificial intelligence and immersive digital tools in dental education* autora Saghirija, Vakhnovetsky i Nadershahija. Procijenjeno je da ovaj rad previše usko vezan uz područje dentalne medicine i nije uzet u daljnje razmatranje.

18. *The era of artificial intelligence and virtual reality: transforming surgical education in ophthalmology* autora Bakshija i suradnika. Rad se temelji na edukaciji za operacije u području oftalmologije, ali naglasak stavlja na virtualnu stvarnost te nije uzet u daljnje razmatranje.

19. *Artificial intelligence in education: a review of the literature in international scientific journals* autora Floresa i suradnika. Rad je pregled istraživanja u periodu od 1970. do 2020. u Scopus bazi podataka. Cilj mu je, između ostaloga, bio identificirati koristi umjetne inteligencije u obrazovanju tijekom proteklih 5 desetljeća. [9] Ovaj rad koristan je jer daje pregled mnoštva drugih radova na temu kojom se bavi ovo istraživačko pitanje.

20. *Application of Artificial Intelligence in Diabetes Education and Management: Present Status and Promising Prospect* objavljen od autora Li i suradnika. Ovaj rad bavi se edukacijom oboljelih od dijabetesa s ciljem poboljšanja vještina samokontrole. Rad nije daljnje razmatran.

21. *Artificial Intelligence in Education Research During the Last Ten Years: A Review and Bibliometric Study* autora Prahaniya i suradnika. Ovaj rad je analiza drugih radova po kriterijima poput tipa dokumenta, države, sponzorskog financiranja itd. Istaknuto je

da su istraživanja umjetne inteligencije u obrazovanju znatno porasli tijekom prethodnih 5 godina i da je Kina objavila „Razvojni plan umjetne inteligencije za novu generaciju“ kojim želi promovirati talent u području umjetne inteligencije. Korišteni su metapodaci iz Scopus baze podataka. Istaknuto je da su najčešći tipovi dokumenata članci iz časopisa, a da je Kina najproduktivnija država dok je engleski najbitniji jezik. [10] Ovaj rad dobar je dodatni izvor informacija o radovima u ovome području.

22. *Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education - where are the educators?* objavljen od autora Zawacki-Richtera i suradnika. Ovaj rad je najviše citiran rad od svih ponuđenih, sa čak 135 citata. Autori navode da je nejasno kako bi nastavnici trebali uzeti pedagošku prednost umjetne inteligencije u obrazovanju na široj razini i kako to može značajno utjecati na podučavanje i učenje u visokom obrazovanju. Rad pokušava ponuditi pregled istraživanja korištenja umjetne inteligencije u visokom školstvu kroz sistematski pregled. Opisni rezultati pokazuju da je većina disciplina povezanih s umjetnom inteligencijom u obrazovanju onih iz STEM područja, a da su kvantitativne metode najčešće bile korištene u empirijskim radovima. Skup rezultata prikazuje četiri područja korištenja umjetne inteligencije u visokom obrazovanju: profiliranje i predviđanje, procjena i evaluacija, adaptivni sustavi i personalizacija te inteligentni sustavi podučavanja. Rad se reflektira na nedostatak kritike umjetne inteligencije u visokom obrazovanju. [11] Ovaj rad iznimno je zanimljiv u kontekstu ovog istraživačkog pitanja jer se ne bavi samo koristima umjetne inteligencije u obrazovanju, već mu je naglasak na visokom obrazovanju, a nudi i kritiku s etičke i pedagoške perspektive.

23. *Role of 5G and Artificial Intelligence for Research and Transformation of English Situational Teaching in Higher Studies* autora Haojie Yua i Shaha Nazara. Autori navode da je korištenje sustava baziranih na umjetnoj inteligenciji donijelo brojne inovacije u obrazovanju i za nastavnike, i za učenike. Navodi se kako su internetske platforme za učenje bazirane na tehnikama umjetne inteligencije te da su uz 5G revolucionirale podučavanje i metode učenja jednostavnijim i bržim pristupom obrazovnom sadržaju. Učenici stranih jezika, pogotovo engleskog, sada mogu koristiti chatbotove i inteligentne sustave podučavanja za učenje i vježbanje njihovih vještina govora i slušanja uz internetski pristup ili bez interneta. Naglašava se kako se jezične sposobnosti mogu unaprijediti bez razgovora s izvornim govornicima radi izbjegavanja straha i anksioznosti. Takve platforme mogu razumjeti potrebe učenika te stvarati i dati sadržaj po potrebi individualizirane okoline za učenje. Stoga, radi postizanja cilja poučavanja engleskog na jednostavan način, prijedlog je da nastavnici koriste tehnike bazirane na umjetnoj inteligenciji u učionicama. Ovaj rad daje detaljan pregled uloge 5G mreže i umjetne inteligencije u istraživanju i mijenjanju podučavanja engleskoga jezika. [12] Iako ovaj rad detaljno proučava samo korištenje umjetne inteligencije za podučavanje

engleskoga jezika, svakako daje primjer korištenja te tehnologije u obrazovanju, pa je stoga daljnje razmatran.

24. ***Emotion AI in education: a literature review*** autora Stefana Reindla. Ovaj rad bavi se naklonjenom umjetnom inteligencijom (engl. *affected artificial intelligence*) te se navodi kako obrazovanje ima velik potencijal za implementaciju te tehnologije. Ovaj rad nije usko vezan uz načine primjene umjetne inteligencije u obrazovanju, već je više vezan uz koncepte primjene, a kao takav stoga nije više razmatran.

25. ***Artificial intelligence in online higher education: A systematic review of empirical research from 2011 to 2020*** objavljen od autora: Ouyang, Zheng i Jiao. Ovi autori navode da je umjetna inteligencija omogućila nove načine za poboljšanje učenja u online visokom školstvu. Naglašavaju nedostatak pregleda literature koji se temelji na funkcijama, učincima i implikacijama primjena umjetne inteligencije u kontekstu visokog školstva. Nadalje, smatraju da je nejasno na koji su način korišteni algoritmi umjetne inteligencije u online visokom školstvu. Njihov rad daje sistematski pregled empirijskog istraživanja tih područja u periodu između 2011. i 2020. kroz 32 članka odabrana za konačnu sintezu. Rezultati pokazuju da upotreba umjetne inteligencije u visokom školstvu uključuje predviđanje statusa učenja, performansi ili zadovoljstva, prijedloge izvora učenja, automatsko ocjenjivanje i poboljšanje iskustva učenja. Predlažu integraciju postojećeg obrazovnog temelja i online okoline koju omogućava umjetna inteligencija uz prikupljanje i analiziranje podataka u stvarnom vremenu i više empirijskog istraživanja radi testiranja stvarnih utjecaja umjetne inteligencije u online visokom školstvu. [13] Ovaj rad odabran je zbog pregleda radova koji nudi.

26. ***Use of artificial intelligence and virtual reality within clinical simulation for nursing pain education: A scoping review*** autora Harmona i suradnika. U pitanju je pregled radova na temu obrazovanja medicinskih tehničara o boli uz pomoć umjetne inteligencije. Tu se izlazi iz okvira korištenja umjetne inteligencije u obrazovanju općenito pa rad nije razmatran daljnje.

27. ***Roles and Research Trends of Artificial Intelligence in Mathematics Education: A Bibliometric Mapping Analysis and Systematic Review*** autora Hwanga i Tua. Navode kako je učenje matematike velik izazov za mnoge učenike te kako napredak umjetne inteligencije nudi mogućnost rješavanja tog problema pomoću određivanja problema s učenjem kod pojedinih učenika i nudeći personaliziranu podršku kako bi se njihovo učenje matematike najviše potaknulo. Rad nudi istraživanje uloga umjetne inteligencije kroz pregled različitih znanstvenih časopisa. [14] Iako se ovaj rad fokusira na učenje matematike, svakako može doprinijeti otkrivanju napredaka u korištenju umjetne inteligencije u obrazovanju.

28. ***AI: new source of competitiveness in higher education*** autora Hannana i Liua. U svome radu opisuju trenutno korištenje umjetne inteligencije u institucijama visokog obrazovanja i preporučuju buduće smjerove u tom području s obzirom na trenutno stanje. Naglašavaju se uspješne upotrebe tehnologije umjetne inteligencije u tri područja: studentsko iskustvo učenja, podrška studentima i upravljanje upisima. [15] Ovaj rad nudi dobar izvor podataka s kojima se može definirati odgovor na postavljeno istraživačko pitanje te je uzet u obzir.

29. ***Medical education trends for future physicians in the era of advanced technology and artificial intelligence: an integrative review*** autora Hana i suradnika. Ovo je pregled radova koji predlažu unaprjeđenja preddiplomskog studija medicine. Nije usko vezan uz aktualnu temu pa više nije razmatran.

30. ***Pedagogy of Emerging Technologies in Chemical Education during the Era of Digitalization and Artificial Intelligence: A Systematic Review*** autora Wang-Kin Chiuja. Rad obuhvaća mnogo tema, a bavi se napretkom i novostima u obrazovanju u području kemije tijekom pandemije. Umjetna inteligencija mu nije prioritet, a i spominje se u kontekstu potencijalnih mogućnosti. Stoga rad nije daljnje razmatran.

31. ***Roles and research foci of artificial intelligence in language education: an integrated bibliographic analysis and systematic review approach*** autora Lianga i suradnika. Ovaj je rad pregled radova koji proučava, između ostalog, umjetnu inteligenciju u učenju jezika. Rezultati rada govore da je glavno korištenje umjetne inteligencije u obrazovanju bilo čitanje, pisanje i usvajanje vokabulara. Navode se tehnologije i algoritmi koji su korišteni u ovome području. Navodi se da se rijetko proučavalo razmišljanje na višoj razini, kompleksno rješavanje problema, sposobnost kritičkog mišljenja i težnja zajedničkom učenju. Rad nudi i prijedloge korištenja umjetne inteligencije u obrazovanju u budućnosti. [16] Ovaj rad će se uzeti u razmatranje jer spominje konkretne tehnologije i algoritme korištene u specifičnoj primjeni umjetne inteligencije (u učenju jezika).

32. ***Defining the Boundaries Between Artificial Intelligence in Education, Computer-Supported Collaborative Learning, Educational Data Mining, and Learning Analytics: A Need for Coherence*** autora Rientiesa i suradnika. Posljednji identificirani rad daje sažet pregled četiriju različitih područja istraživanja, od kojih je jedno umjetna inteligencija i obrazovanje, a ostala navedena područja su suradničko učenje potpomognuto računalom, edukacijsko rudarenje podataka i analiza učenja. U radu je opisano koji se teoretski razvojni okviri, metode i ontologije mogu koristiti za svako područje te kako sva četiri područja u tom aspektu dijele zajedničke ili imaju relativno jedinstvene perspektive. [17] Ovaj rad je uzet u obzir jer opisuje moguće načine korištenja umjetne inteligencije.

Od svih 32 identificiranih radova, samo je njih 18 uzeto u obzir, a ostali više nisu razmatrani zbog razloga navedenih uz njihov opis. Odabranih 18 radova izlistani su u idućoj tablici, a nude razne poglede na ulogu umjetne inteligencije u obrazovanju uz ponudu raznih metoda primjena.

Tablica 3: Odabrani relevantni identificirani radovi po relevantnosti

Relevantnost	Naslov	Autori
1	A Review of Artificial Intelligence (AI) in Education from 2010 to 2020	Xuesong Zhai i sur.
2	Artificial Intelligence and Machine Learning Approaches in Digital Education: A Systematic Revision	Hussan Munir i sur.
3	Artificial Intelligence in Education: A Review	Lijia Chen, Pingping Chen, Zhijian Lin
4	Artificial Intelligence in Education Research During the Last Ten Years: A Review and Bibliometric Study	Binar Kurnia Prahani i sur.
5	Artificial Intelligence in Undergraduate Medical Education: A Scoping Review	Juehea Lee i sur.
6	Artificial Intelligence and its Implications in Higher Education	Yolvi Ocana-Fernandez, Luis Alex Valenzuela-Fernandez, Luzmila Lourdes Garro-Aburto
7	Artificial Intelligence Techniques for Distance Education: A Systematic Literature Review	Aayat Aljarrah
8	Artificial intelligence applications in Latin American higher education: a systematic review	Sdenka Zobeida Salas-Pilco, Yuqin Yang
9	The development of artificial intelligence in education: A review in context	Son T. H. Pham, Pauline M. Sampson
10	Challenges and Future Directions of Big Data and Artificial Intelligence in Education	Hui Luan i sur.
11	Artificial intelligence in education: a review of the literature in international scientific journals	Fernando Alain Incio Flores i sur.
12	Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education - where are the educators?	Olaf Zawacki-Richter i sur.
13	Role of 5G and Artificial Intelligence for Research and Transformation of English Situational Teaching in Higher Studies	Haojie Yu, Shah Nazir
14	Artificial intelligence in online higher education: A systematic review of empirical research from 2011 to 2020	Fan Ouyang, Luyi Zheng, Pengcheng Jiao
15	Roles and Research Trends of Artificial Intelligence in Mathematics Education: A Bibliometric Mapping Analysis and Systematic Review	Gwo-Jen Hwang, Yun-Fang Tu

16	AI: new source of competitiveness in higher education	Erin Hannan, Shuguang Liu
17	Roles and research foci of artificial intelligence in language education: an integrated bibliographic analysis and systematic review approach	Jia-Cing Liang i sur.
18	Defining the Boundaries Between Artificial Intelligence in Education, Computer-Supported Collaborative Learning, Educational Data Mining, and Learning Analytics: A Need for Coherence	Bart Rienties i sur.

Cilj ovoga potpoglavlja bio je prikazati metodički pristup meta-pregleda literature te proces identifikacije relevantnih radova. Literatura koja je razmatrana u sklopu meta-pregleda detaljnije je pregledana u kasnijem poglavlju rezultata rada. Svakako se s obzirom na količinu i aktualnost radova da pretpostaviti da je trenutno umjetna inteligencija u obrazovanju jedna vrlo aktualna tema koja nudi mnogo onome tko ju je spreman istraživati.

4.2. Tehnologije umjetne inteligencije (analiza literature)

U svrhu odgovaranja na drugo istraživačko pitanje, napravljena je analiza literature vezane uz tehnologije umjetne inteligencije koje je dosad istražena. Analiza literature uključila je pretraživanje znanstvenih i stručnih radova, ali i sive literature (eng. grey literature). Popis analiziranih radova prikazan je u sljedećoj tablici:

Tablica 4: Pregled analiziranih radova

R.br.	Naziv	Autori	Godina
1.	The 2 Sigma Problem: The Search for Methods of Group Instruction as Effective as One-to-One Tutoring	Benjamin Bloom	1984.
2.	AI in CAI: An Artificial-Intelligence Approach to Computer-Assisted Instruction	Jaime Carbonell	1970.
3.	Intelligent Tutoring Systems: an overview	Hyacinth S. Nwana	1990.
4.	Intelligent Tutoring Systems: A Comprehensive Historical Survey with Recent Developments	Ali Alkhatlan, Jugal Kalita	2018.
5.	Managing Learner's Affective States in Intelligent Tutoring Systems	Kacprzyk, et al.	2010.
6.	Student learning Benefits of a Mixed-Reality Teacher Awareness Tool in AI-Enhanced Classrooms	Penstein Rosé, et al.	2018.
7.	Learning by Communicating in Natural Language With Conversational Agents	Graesser, et al.	2014.
8.	AutoTutor: A tutor with dialogue in natural language	Graesser, et al.	2004.
9.	Dialogue-based tutoring at scale: Design and Challenges	Cheng, et al.	2016.
10.	Intelligent analysis and data visualisation for teacher assistance tools: The case of exploratory learning	Mavrikis, et al.	2019.

11.	The learning benefits of teaching: A retrieval practice hypothesis	Koh, A. W. L, Lee, S. C., Lim, S. W. H.	2018.
12.	Teacher Artificial Intelligence-Supported Pedagogical Actions in Collaborative Learning Coregulation: A Wizard-of-Oz Study	Kasepalu, R. et al.	2022.
13.	Deep learning applications and challenges in big data analytics	Najafabadi M., et al.	2015.
14.	The Fundamentals of Policy Crowdsourcing	Prpić, J., Taeihagh, A., Melton J.	2015.
15.	Ethical challenges of edtech, big data and personalized learning: twenty-first century student sorting and tracking	Reagan, P. M., Jesse, J.	2019.
16.	Big Opportunities and Big Concerns of Big Data in Education	Wang, Y.	2016.
17.	The Ethics of Big Data in Higher Education	J. A. Johnson	2014.
18.	Automated writing evaluation	Hockly, N.	2019.
19.	Uses and Limitations of Automated Writing Evaluation Software	Elliott, N., et al.	2013.
20.	The BABEL Generator and E-Rater: 21st Century Writing Constructs and Automated Essay Scoring (AES)	Perleman, L.	2020.
21.	Utilizing Technology in Language Assessment	Chapelle, C. A., Voss, E.	2017.
22.	Automated Writing Assessment in the Classroom	Warschauer M., Grimes, D.	2008.

Originalna primjena umjetne inteligencije u edukaciji odnosi se na inteligentne sustave za poučavanje čija je glavna svrha da umjetna inteligencija preuzme ulogu učitelja te se učeniku pruži jedan-na-jedan tretman bez da svaki učenik ima svog ljudskog učitelja. Jedna od okosnica takvog rješenja je rad ***The 2 Sigma Problem: The Search for Methods of Group***

Instruction as Effective as One-to-One Tutoring u kojoj autor Bloom istražuje metode grupnog poučavanja koje mogu biti efektivne isto kao i poučavanje jedan-na-jedan. Takva vrsta poučavanja pokazala se značajno efektivnijom, s rezultatom kako je prosječni učenik koji je poučavan jedan-na-jedan bio po rezultatima iznad 98% učenika u kontrolnoj klasi u kojoj je jedan učitelj podučavao 30 učenika. [18]

Prvi znanstveni rad u kojemu se spominje primjena umjetna inteligencija u poučavanju je ***AI in CAI: An Artificial-Intelligence Approach to Computer-Assisted Instruction*** čija je glavna svrha bila dokazivanje uporabljivosti umjetne inteligencije te demonstriranje najvećih potencijala te nove tehnologije u 1970.-toj godini. U dotad konvencionalnim sustavima za poučavanje (engl. *computer-assisted instruction*) uz pomoć računala, baze podataka sastojale su se od specifičnih predefiniраниh tekstova, pitanja i odgovora na ta pitanja. Nova vrsta sustava koju autor sugestira naziva se *information-structure-oriented CAI* koji je baziran na korištenju mreže informacija koja se sastoji od činjenica, koncepata i procedura, a iz koje sustav sam generira nova tekstove, pitanja i njihove odgovore. Autor nadalje nagovještava potencijal za dvosmjernu komunikaciju između učenika i sustava [19], što će kasnije biti realizirano u obliku drugih sustava za poučavanje.

Rad **H. S. Nwana *Intelligent Tutoring Systems: an overview*** proučava ideje koje stoje iza inteligentnih sustava za poučavanje (engl. *intelligent tutoring system*) koje dolaze iz više područja, a to su: računalna znanost, kognitivna psihologija te ekspertno znanje za područje koje podučava takav sustav. Zajedno s time, autor istražuje koje su glavne motivacije za razvoj računalnih sustava za poučavanje, od istraživanja mogućnosti povezivanja više znanstvenih područja do praktičnih potreba za boljim načinom edukacije temeljenom na poučavanjem jedan-na-jedan. [20]

Pregled dan u radu ***Intelligent Tutoring Systems: A Comprehensive Historical Survey with Recent Developments*** autora Alkhatalan i Kalita govori o raznim arhitekturama ITS sustava koji su implementirani od početaka njihovog razvoja. Autori i proučavaju razloge zbog kojih ITS-ovi nisu često korišteni, a to su što se sastoje od većeg broja međusobno integriranih komponenti, čiji razvoj zahtjeva sudjelovanje velikog broja stručnjaka, što na kraju rezultira visokim cijenama razvoja. Na kraju autori daju pregled trenutnih razvoja u ITS-ovima, od ITS koji prepoznaju ljudske emocije, ITS-ovima baziranim na gamifikaciji i slično. [21]

Teme utjecaja psihološkog stanja na učenika koji koristi ITS te prepoznavanje njihovog stanja proučavaju autori Frasson i Chalfoun u radu ***Managing Learner's Affective States in Intelligent Tutoring Systems***. Proučava se problem različitih mogućih pristupa za detekciju emocija i mjerenje aktivnosti mozga. Poznavanje utjecaja emotivnih događaja na učenje je

važno kako bi se sustav mogao prilagoditi stanju učenika [22], i potencijalno upozoriti učitelja (ako on postoji) na probleme koji imaju njegovi učenici.

Jedno od mogućih rješenja za kombiniranje snaga ljudskog učitelja i IRS-a predstavili su autori Holstein, McLaren i Aleven u radu ***Student learning Benefits of a Mixed-Reality Teacher Awareness Tool in AI-Enhanced Classrooms***. Razvili su pametne naočale za proširenu stvarnost koje prikazuju informacije dobivene iz ITS-a. To omogućuje da učitelj ne mora cijelo vrijeme sjediti za računalom kako bi nadgledao napredak i trenutno emocionalno stanje svojih učenika. Provođenjem eksperimenta u korištenju tog alata došli su do zaključka da smanjuje jaz između postizanja ciljeva učenja između učenika s različitim razinama predznanja. [23]

Korištenje prirodnog jezika u „razgovoru“ sa umjetnom inteligencijom temelj je sustava za poučavanje baziranih na dijalogu (engl. *dialog based tutoring system*, DBTS). Jedan od radova koji se bavi tom temom je ***Learning by Communicating in Natural Language With Conversational Agents*** autora Graesser, Li i Forsyth. Opisuju način na koji ljudski učitelj upravlja razgovorom tijekom davanja instrukcija dok postavlja pitanja na koje ima određene pretpostavke, te na koji način prati učenikove zablude o određenom problemu. Autori proučavaju i drugu uporabu u kojoj umjesto jedan-na-jedan razgovora s virtualnim agentom, učenik proučava razgovor dva virtualna agenta u tzv. trijalogu između njega i agenata. [24]

Još jedan rad Greassera i suradnika pod nazivom ***AutoTutor: A tutor with dialogue in natural language*** bavi se konkretnom implementacijom jednog DBTS-a zvanog AutoTutor koji funkcionira na način da zajedno sa učenikom sudjeluje u dijalogu tijekom kojeg se postepeno gradi odgovor koji traži što više učenikovog znanja vezanog uz predmet. [25]

Neki od modernijih pristupa razvoju DBTS-a prezentirali su Chang i suradnici u ***Dialogue-based tutoring at scale: Design and Challenges***. U radu su opisali probleme koje rješavaju poput teške skalabilnosti kada je potrebno dodavati novi sadržaj. Sustav podržava određene automatske tehnike za generiranje sadržaja poput grupiranja koncepata iz strukturiranog teksta kako bi olakšao stvaranje sadržaja. [26]

Pristup inteligentnim sustavima za učenje koji umjesto pitanja fokusiranih na temu daju učeniku prostora za istraživanje obrađuju Mavrikis i suradnici u ***Intelligent analysis and data visualisation for teacher assistance tools: The case of exploratory learning***. U radu autori imaju cilj identificirati načine na kojima se može orkestrirati učenje u eksplorativnim sustavima za poučavanje, te specificiraju metodologiju za razvoj alata za pomoć u poučavanju temeljenih na umjetnoj inteligenciji. [27] Potencijalne negativne strane poučavanja s malom razinom usmjeravanja istražili su Kirschner i suradnici ***Why Minimal Guidance During Instruction***

Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching te Shute u svom radu ***A Comparison of Learning Environments: All That Glitters***. [28]

Učenje kroz poučavanje podržavaju mnogi autori, među njima su to i Koh sa suradnicima u radu ***The learning benefits of teaching: A retrieval practice hypothesis***. Takav pristup koristi se u primjeni *poučljivih* agenata (engl. teachable agent, TA). To je primjer hibridnih inteligentnih agenata/avatara kojima je svrha da ih se poučava. [29] Chase i suradnici proučavaju u ***Teachable Agents and the Protégé Effect: Increasing the Effort Towards Learning*** razvoj poučljivih agenata kojima je svrha da iskoriste taj tzv. *protégé* efekt, koji rezultira time da su učenici više voljni učiti za svoje TA-ove nego bi bili da uče sami za sebe. [30] Primjer razvoja takvog agenta kao dijela eksplorativnog sustava za učenje dan je u radu ***Designing Learning by Teaching Agents The Betty's Brain System*** autora Lelawong i Biswas. U radu je opisana motivacija za razvoj i funkcionalnost poučljivog agenta Betty, te je provedeno ispitivanje nad učenicima u kojemu je pokazana efektivnost takvog sustava. [31]

Pristup u kojemu učenici uče kroz međusobnu suradnju, sve dok su potpomognuti AI tehnologijama raspravljali su Kaseplau i suradnici u radu ***Teacher Artificial Intelligence-Supported Pedagogical Actions in Collaborative Learning Coregulation: A Wizard-of-Oz Study***. Istakli su načine na koje bi načine umjetna inteligencija mogla biti u koristi za orkestraciju kolaborativnog učenja, u svrhu boljeg nadzora napretka učenika i istovremenog smanjivanja opterećenja na učitelja, uz to što sustav može učitelju davati sugestije ako smatra da je potrebna njegova intervencija. [32]

S obzirom na to da se tijekom procesa poučavanja stvaraju velike količine podataka, analitike temeljene na velikim podacima (engl. big data) pokazuju se jednom od sve korištenijih primjena umjetne inteligencije u edukaciji s obzirom na mogućnosti analize i predikcije pomoću dubokog učenja, a baš se tom temom i vezanim problemima bavi rad Najafabadija i suradnika ***Deep learning applications and challenges in big data analytics***. [33] Koristi od analiza velikih podataka radi dobivanja pojma o javnom mišljenju, uključno sa mišljenjem o trenutnim edukacijskim politikama, proučava rad Prpića i suradnika ***The Fundamentals of Policy Crowdsourcing*** [34].

Autor Wang također proučava potencijalne koristi koje dijeli na dva velika područja primjene, ali i velike probleme koji stoje iza korištenja velikih podataka u svom radu ***Big Opportunities and Big Concerns of Big Data in Education*** jer kao što mu naslov sugestira, postoje *big opportunitites* (engl. velike prilike), ali i *big concerns* (engl. velike brige) jer postoje određene etički izazovi na koje treba paziti prilikom implementacije takvih tehnologija, uključno sa ugroženom privatnošću, nedostatku pristanka učenika (i/ili njihovih roditelja) na praćenje i

slično. [35] Slične probleme istražuju Regan i Jesse u radu **Ethical challenges of edtech, big data and personalized learning: twenty-first century student sorting and tracking** stavljaju naglasak na etičke probleme tzv. personaliziranog poučavanja, odnosno uporabi velikih količina podataka u svrhu stvaranja individualnih profila učenika i studenata prema kojima se tada određuje optimalan program poučavanja. [36]

Rad **Automated writing evaluation** autorice Holy proučava područje procesiranja prirodnog jezika i uporabe povezanih područja poput latentne semantičke analize u svrhu automatskog analiziranja učeničkih pismenih zadataka temeljem automatskih sustava za ispravljanje (engl. automatic evaluation systems, AES). Proučene su dvije glavne kategorije automatskog ocjenjivanja te je zaključeno kako još ne postoji rješenje koje bi se moglo primijeniti na sve slučajeve korištenja te autorica predstavlja i pitanje ispravnosti automatskog ispravljanja općenito. [37]

Uspješnost korištenja automatskih sustava za ispravljanje istraživali su Elliott i suradnici u radu **Uses and Limitations of Automated Writing Evaluation Software** u kojemu navode i model za validaciju korištenja sustava za automatsko evoluiranje te daju pregled radova prema dijelovima njihovog modela. [38] Pozitivne utjecaje korištenja AES-a za vježbu pisanja umjesto za ocjenjivanje proučavali su Chapelle i Voss u radu **Utilizing Technology in Language Assessment** [39], te Warschauer i Grimes u **Automated Writing Assessment in the Classroom** [40].

Stav protiv AES-a dao je Les Perelman u svom radu **The BABEL Generator and E-Rater: 21st Century Writing Constructs and Automated Essay Scoring (AES)** u kojemu demonstrira svoj sustav zvan BABEL (Basic Automatic BS Essay Language) Generator čija je svrha da se na temelju fraze od jedne do tri riječi generira esej koji bi razni AES-ovi ocijenili visokim ocjenama, čim se demonstrira način na koji bi učenici mogli prevariti sustav na predvidljive načine. [41]

Cilj ovoga potpoglavlja bio je prikazati pregled literature te proces identifikacije relevantnih radova, a koji se odnose na sistematizaciju tehnologija. Sami rezultati analize i prikaza tehnologija dati su u poglavlju rezultata rada.

Analizom literature, te provedbom znanstvene metode meta-pregleda autori su stvorili osnove za prikaz rezultata **sinteze** po oba istraživačka pitanja. U sljedećem poglavlju biti će predstavljeni spomenuti rezultati.

5. Rezultati

U prethodnom poglavlju opisana je korištena literatura pri meta-pregledu i analizi a uz svaku stavku opisa literature dan je kratak osvrt na taj konkretni izvor u kontekstu ovoga rada. Ovo će poglavlje opisati rezultate obrade istraživačkih pitanja. Svako će istraživačko pitanje biti obrađeno koristeći izvore literature definirane u prethodnom poglavlju.

5.1. Mogućnosti primjene umjetne inteligencije u nastavi

Koristi i načini primjene umjetne inteligencije u obrazovanju razlikuju se po predmetu na kojemu se koristi, po svrsi, po dobi učenika itd.

Zhai i suradnici, 2021., istaknuli su tri teme istraživanja među radovima koje su analizirali, te navode da je razvoj umjetne inteligencije za potrebe obrazovanja najčešće temeljen na **dubokom učenju**, a potom na **preporukama, uparivanju i klasifikaciji**. Navodi se dalje da **duboko učenje** uključuje obradu velikih podataka i učenje analize ponašanja te da mu je prednost to što bi se sustav mogao sâm prilagođavati koristeći rastuće velike podatke u obrazovanju radi nadograđivanja svojih algoritama. **Preporuke**, u kontekstu umjetne inteligencije i njenih iznad navedenih definiranih pristupa razvoja, obuhvaćaju inteligentne alate za upravljanje. Prijedlog je da se koriste nove teorije i pedagoški sadržaji kao odgovor na učenikove povratne informacije u svrhu štednje vremena nastavnicima. **Uparivanje** se u ovome kontekstu odnosi na mehanizam povezivanja različitih skupova klasifikacije radi specifične svrhe učenja, poput sustava koji pretvara tekst u dijagram radi pomoći slijepim učenicima da povežu geometrijske riječi s njihovim prikazom u Brailleovom pismu. **Klasifikacija** se odnosi na proces kategoriziranja materijala po različitim karakteristikama, u procesu rekonstrukcije baza znanja. Time omogućava razgraničavanje znanja i pridonosi preciznosti analize teksta. [1]

Korist umjetne inteligencije najčešće se odražava u obliku **povratnih informacija** učenicima na pitanja i/ili nedoumice, na **obrazloženjima** gradiva, a rjeđe na **prilagodljivom učenju**. Moguće je generirati **povratne informacije** i tako nadoknaditi nedostatak žive interakcije u online okruženju. Radi simuliranja koristi se neuronska mreža. Navodi se primjer javno dostupne stranice jutge.org koja služi za učenje programiranja nudeći polaznicima povratne informacije odmah po pohrani rješenja. **Obrazloženja gradiva** poduprta umjetnom inteligencijom omogućavaju prikaz procesa razmišljanja vizualno, pomoću strukture grafa. Niz povezanih argumenata olakšava učeniku donošenje konačne odluke. **Prilagodljivo učenje** bazirano je na ideji obrazovnog sustava kao automatiziranog sustava koji se može prilagoditi

individualnim karakteristikama, potrebama i pedagoškim ciljevima svakog učenika, a koncept zahtijeva proučavanje velikih podataka o individualnim karakteristikama i stilovima učenja kako bi se realizirao – stoga, nužna je suradnja onih koji definiraju kurikulum i onih koji će dizajnirati sustav. Zhai i suradnici naglašavaju da dublje karakteristike korisnika, poput ljudskog mentalnog stanja i kreativnosti, nisu dovoljno istražene. [1] Munir i suradnici, 2022., spominju ulogu inteligentnih učitelja kao sustava koji može primjerice pomoći učenicima u učenju gradiva otkrivanjem minimalnih potrebnih predznanja i prikazivanjem poveznice na ostale relevantne koncepte. [8]

Najčešća primjena u računanju **naklonosti**, **igrifikaciji**, a po dvije teme bile su **igranje uloga** i **prožimajuće učenje** (engl. *immersive learning*). Pojmom **računanja naklonosti** (engl. *affection computing*) služi kako bi se istražile intrinzične motivacije za učenje poput kreativnosti i odgovornosti te dale pravodobne povratne informacije s obzirom na emocionalni status učenika. Navodi se da **igranje uloga** kao metoda učenja može potaknuti učenike da se više trude za računalo, tj. inteligentnog agenta koji provodi edukaciju umjesto sustava učenja. Očekuje se da bi se buduća istraživanja mogla fokusirati na omogućavanju učenika da sami izaberu svoje uloge i ciljanog računalnog agenta. **Prožimajuće učenje** temelji se na tehnološkom napretku proširene stvarnosti, 3D grafike i nosivih uređaja kako bi se potaknuli učenički akademski uspjesi uz osjećaje poput uzbuđenosti, entuzijazma i kreativnosti. Napomenuto je da su mnogi alati za takvo učenje rezultirali u učeničkom stvaranju i mijenjanju okolina, odnosno potaknuta je kreativnost. **Igrifikacija** je spomenuta kao teorijski pojam u obrazovanju koji je u rastu, a obuhvaća integraciju pedagoškog dizajna, domene znanja i privrženosti prema igrama. Umjetna inteligencija tu ima ulogu dinamičke prilagodbe igre učeničkom ponašanju i sklonostima. [1]

Munir i suradnici navode nekoliko identificiranih tema radova: **inteligentni učitelji**, **predviđanje odustajanja** od online tečajeva, **predviđanje uspjeha**, **prilagodljivo učenje i stilovi učenja**, **analiza grupnog učenja** te **automatizacija**. [8]

Inteligentni učitelj može učenicima dati povratne informacije o njihovim sposobnostima pisanja, poput plagijata, nedostatka citata, potiču učenike da poboljšavaju svoje eseje, tijekom prezentacije daje učeniku povratne informacije o efektivnosti prezentacije itd. [8]

Predviđanje odustajanja od online tečajeva koristi različite korisničke atribute, poput ukupnog broja pritisaka miša, trajanja rada, broja polaznika tečaja, dob i spol polaznika, njihova radna mjesta itd. Navedeno je da takav sustav može imati i do 90% preciznosti, čime omogućava tečajevima da se pravovremeno prilagode. Drugi sustav predviđao je odustajanje

od studiranja po informacijama o studentima prije nego što su upisali studij i točniji rezultat u pola akademske godine. [8]

Predviđanje uspjeha može se bazirati na prethodnom uspjehu (koji čine ocjene), angažmanu učenika u smislu trajanja interakcije, broja posjeta materijalima za učenje, aktivnosti pretrage, sudjelovanja u diskusijama, broju komentara, pokušajima na testovima itd., i konačno može se bazirati i na demografskim podacima poput spola, dobi, sposobnosti, razini edukacije, iskustvu rada itd. [8]

Prilagodljivo učenje i stilovi učenja fokusira se na povezivanju poznatih koncepata, gdje učenik sâm definira ciljeve učenja, a odabir algoritama osigurava prilagođeni didaktički plan baziran na ciljevima uz uzimanje u obzir učenikovo trenutno znanje. Moguće je pomoću Bayesove mreže prepoznati stilove učenja analizirajući kako učenik prihvaća i obrađuje nove podatke. [8]

Analiza grupnog učenja, u kontekstu umjetne inteligencije, obuhvaćaju prepoznavanje performansi učenika i timova koji surađuju u grupi. Moguće je realizirati personalizirani okvir za e-nastavu i e-učenje radi poboljšanja razvoja, upravljanja i izvođenja nastave. Naglasak se stavlja na uporabu algoritama poput metode potpunih vektora, neuronskih mreža i stabala odlučivanja u svrhu proučavanja atmosfere učionice. [8]

Automatizacija može pomoći u ubrzanju preporuka, klasifikacije itd. Mogu se, primjerice, klasificirati pitanja s više ponuđenih odgovora kod online testova. Sveukupno, smanjuje ponavljajuće zadatke u digitalnoj okolini za učenje. [8]

Tablica 5: Prikaz mogućih korištenja umjetne inteligencije u sektoru obrazovanja

	Posao koji umjetna inteligencija može obavljati u obrazovanju
Upisi	Postavljanje kriterija za upis studija po uspjehu prijašnjih studenata iz iste vrste škola (strukovna/gimnazija), sa sličnim prosjekom, iz sličnog pokušaja studiranja (npr. kako drugi faks u životu utječe na vjerojatnost dovršetka). Upozorenje studentima za koje po podacima iz srednje škole nije izvjestan dovršetak studija da im šanse ne idu na ruku i da moraju ozbiljno shvatiti studij.
Osiguranje uvjeta učenja	Davanje povratne informacije nastavnicima da je u dvorani loša kvaliteta zraka za koju je po analiziranim podacima utvrđeno da loše utječe na kasnije bodove.
Administracija	Administrativni poslovi poput ocjenjivanja i davanja povratnih informacija, koji zahtijevaju mnogo nastavnikova vremena. Omogućavanje bržeg plana učenja pomoću identifikacije studentskih stilova učenja. Pomoć nastavnicima u donošenju odluka u poslovima baziranim na podacima. Definiranje novih kriterija modela praćenja s obzirom na stanje iz prethodnih generacija.

Podučavanje	Procjenjivanje prelaska očekivanja studenta u projektima i zadacima te šanse odustajanja od školovanja. Analiza kurikuluma i materijala radi prijedloga prilagođenog sadržaja. Davanje uputa izvan učionice. Krojenje metoda podučavanja za svakog učenika s obzirom na njihove osobne podatke. Stvaranje prilagođenih planova podučavanja za svakog učenika.
Provjera prisutnosti	Provjera prisutnosti po fotografiji lica svih studenata u dvorani. Slanje poruke studentima koji imaju više izostanaka da su, sudeći po prijašnjim podacima, u opasnosti od padanja kolegija.
Učenje	Otkrivanje nedostataka u učenju i njihovo rješavanje tijekom rane faze učenja. Prilagodba sveučilišnog odabira kolegija za studenta. Predviđanje karijere za svakoga studenta skupljanjem podataka studiranja. Otkrivanje stanja učenja i inteligentno prilagodljivo interveniranje tijekom edukacije studenta.

(izrada autora prema Chen i suradnici, 2020. [2])

Što se tiče budućeg utjecaja umjetne inteligencije na obrazovanje, u literaturi se navodi da sveučilišta trebaju ponovno procijeniti svoje funkcije i pedagoške modele i svoje buduće odnose s umjetnom inteligencijom. Potrebno je proučiti evolucijski proces rada u učionici, suradnje s nastavnicima, raznolikosti gradiva i tehnologije te proučiti revolucionarni proces uključivanja tehnologije u živote učenika. Spominje se period od idućih 25 godina kao ključan za promjenu školstva pod utjecajem umjetne inteligencije. [10]

U ovome potpoglavlju pregledani su neki od odabranih identificiranih radova. Nad literaturom, dodan je i doprinos ovoga rada u smislu alternativnih korištenja umjetne inteligencije u obrazovanju. Jasno je da umjetna inteligencija ima ogromnu količinu novosti za ponuditi i školstvu. Postavlja se pitanje koliko bi bilo etički analizirati svaki studentski korak i fotografirati studente u učionici u svrhu provjere prisustva. Moguće je da bi se učenici ili studenti (ovisno o razini školovanja) žalili i odbijali takvu tehnologiju zbog efekta „velikog brata“ koji može u milisekundama pretpostaviti tko će pasti i ne dovršiti studij, a tko ima šansu. Stoga, bitno je držati na umu da korištenje umjetne inteligencije u obrazovanju svakako treba biti implementirano s dobrobiti učenika, studenata ili nastavnika na umu. Naglasak treba staviti na motivacijskim upozorenjima baziranim na realnim podacima te bržoj obradi studentskih podataka u svrhu poboljšanja nastave. Budući da je riječ o presedanu i nečemu što još uvijek nije općepisutno u školstvu u svijetu, pažljiva i pametna implementacija umjetne inteligencije omogućila bi da se takva tehnologija bolje prihvati među onima za koje postoji šansa da ju promatraju sa skepsom.

5.2. Tehnologije umjetne inteligencije

U kontekstu primjene tehnologija umjetne inteligencije, u ovom poglavlju donosimo pregled tehnika koje mogu biti korištene i integrirane u cjelovita rješenja. Nakon sistematizacije tehnika cilj je prikazati tehnološke stogove to jest načine na koji se one mogu integrirati.

Klasična umjetna inteligencija bazirana je na sekvencama uvjetne logike kojima se računalu naređuje popis koraka za rješavanje određenog zadatka. Ona se pojavljuje u obliku ekspertnih sustava koji su od početaka u 1970.-tim pronašli svoju uporabu u širokom rasponu područja. Svaki ekspertni sustav sastoji se od baze znanja čija je uloga da predstavlja organizirani skup činjenica o temi koju podržava ekspertni sustav i sustava za inferenciju odgovora čija je uloga da pomoću logičkih pravila iz činjenica iz baze znanja deducira nove informacije. Iako sami za sebe više nisu toliko korišteni, takvi su sustavi još dio podrška većim sustavima baziranim na umjetnoj inteligenciji.

Strojno učenje omogućava umjetnoj inteligenciji da donosi zaključke u situacijama koje nemaju striktno određen uvjet i na njega odgovor kao što je to slučaj kod klasične umjetne inteligencije, primjerice prepoznavanje stvarnog jezika, autonomna vozila ili prepoznavanje karakteristika ljudskog lica. Umjesto korištenja unaprijed definiranih pravila, strojno učenje analizira velike kako bi se pronašli uzorci u podacima i stvorio model temeljem kojeg se predviđaju vrijednosti u budućim situacijama.

Tri su glavna pristupa strojnom učenju - nadgledano, nenadgledano i podržano učenje. **Nadgledano učenje** koristi podatke koji su unaprijed pripremljeni i označeni, što znači da svaki pojedini element skupa podataka iz kojeg model uči treba biti označen. Prema tome, takvi algoritmi temeljeni su na učenju prema primjerima jer svaki element iz skupa podataka ima svoj točno određeni očekivani izlaz. Traženje uzoraka kasnije omogućuje modelu da pronalazi točne izlazne podatke i za ulaze koji nisu dio skupa za treniranje. Nadziranje u ovom slučaju bazira se na korištenju unaprijed pripremljenih oznaka prema kojima se model korigira ako napravi netočnu pretpostavku prilikom predikcije oznaka.

Određivanje oznaka za elemente u velikim skupova podataka može biti vrlo vremenski zahtjevno jer se svaki element mora označiti ručno ili može biti slučaj da se tek moraju otkriti u točno koje se grupe podaci moraju razmjestiti. Za razliku od nadziranog učenja, nenadzirano učenje ne koristi skup podataka s oznakama, već u neoznačenom skupu pokušava pronaći zajedničke osobine.



Slika 6: Usporedba tehnika klasičnog strojnog učenja, prema [38]

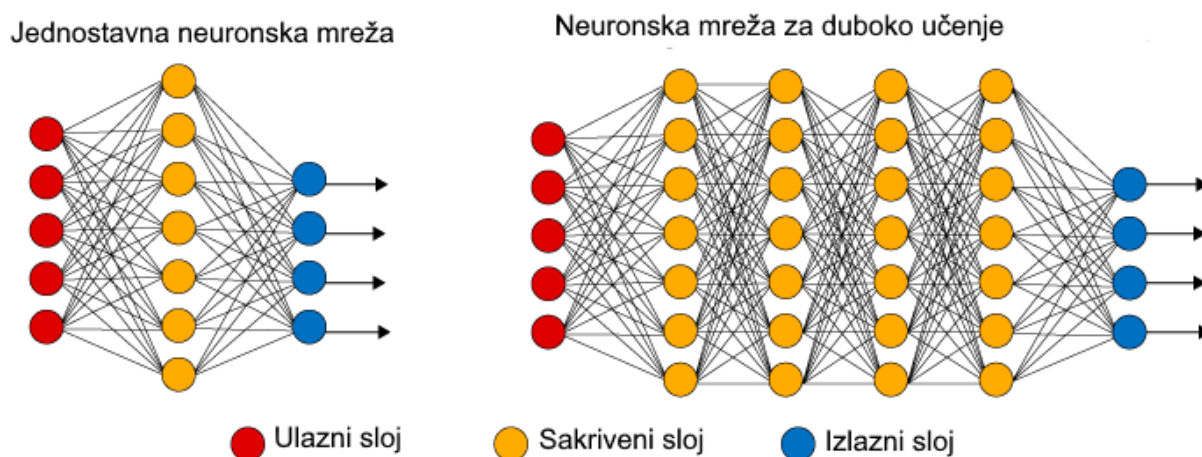
Zajednički „problem“ nadziranog i nenadziranog učenja je da je skup podataka nad kojim se trenira konačan, te je pri svakoj promjeni potrebno ispočetka provesti postupak treniranja modela. No, postoji i treći pristup zvan **podržano učenje** u kojemu se model kontinuirano unaprjeđuje temeljem povratnih informacija. Prilikom učenja, umjetna inteligencija dobiva ili nagradu ili kaznu u ovisnosti o točnosti akcija koje poduzima s ciljem da maksimizira svoju nagradu. Iako onaj tko provodi takvo učenje postavlja pravila igre, modelu ne daje sugestije na koji način da riješi problem koji ima. Ispočetka je to skup nasumičnih pokušaja i pogrešaka, te se sekvencijalno maksimizira efikasnost modela u rješavanju problema. Podržano učenje ima veliku ulogu u rješavanju problema korelacije trenutnih akcija sa njihovim rezultatom koji će vidljiv biti tek kasnije. [42] Zaključuje se da je strojno učenje jedan od glavnih čimbenika za umjetnu inteligenciju, ali nije sva umjetna inteligencija bazirana na strojnom učenju.

Umjetne neuronske mreže umjesto pravih čvorova živčanih snopova u umjetnoj inteligenciji sastoje se od tri vrste međusobno povezanih slojeva umjetnih neurona – ulazni sloj, jednog ili više nevidljivih računalnih slojeva te izlaznog sloja u kojemu se prikazuju rezultati. Jedan od problema koji sa sobom povlače neuronske mreže je nemogućnost retrospekcije u postupak donošenja odluke između unutarnjih slojeva. Odnosno, razlozi zbog kojeg su unutarnji slojevi došli do rješenja predstavljaju crnu kutiju.

Postoje i neke specifične vrste neuronskih mreža, na primjer **generativne suparničke mreže** u kojima se suprotstavljaju dvije mreže, generator i diskriminator. Generator je mreža trenirana na distribuciji podataka iz koje vadi zajedničke značajke kako bi pokušala natjerati diskriminatora da misli da je lažan podatak zapravo stvaran. Na primjer da je lažna slika stvorena na temelju značajki kojih je ekstrahirala iz stvarnih podataka zapravo stvarna. Diskriminatoru je cilj minimizirati funkciju pogreške, odnosno binarnu funkciju koja govori je li

podatak na ulazu stvaran ili generiran, dok generator pokušava maksimizirati grešku diskriminatora za generirane podatke. Na taj način, generativne mreže mogu imati ulogu u izradi edukativnog sadržaja.

Duboko učenje je pojam koji se koristi za opisivanje umjetnih neuronskih mreža sa većim brojem nevidljivih računalnih slojeva od onog koji se koriste kod običnih neuronskih mreža. Za uobičajene mreže to je 2 do 3 sloja, dok u dubokim mrežama taj broj može proći preko stotinu nevidljivih slojeva. U procesu dubokog učenja moguće je koristiti i tehnike nadziranog, ali i nenadziranog učenja. Tako se može koristiti za klasifikaciju slika ili prepoznavanje objekata gdje se mreža koristi za predikciju oznaka u situacijama gdje su ulazi i izlazi poznati. Također, mreže se mogu koristiti i za klasteriranje slika temeljeno na sličnostima, pa se u tom slučaju korak izvoza zajedničkih značajki prebacuje na samu neuronsku mrežu što potencijalno može donijeti velike vremenske uštede jer će model sam „naučiti“ značajke važne za klasifikaciju.



Slika 7: Usporedba klasičnih i mreža za duboko učenje, prerada prema [21]

Razvoj gore navedenih tehnika umjetne inteligencije doveo je do stvaranja cijelog raspona tehnologija baziranih na upravo tim tehnikama.

Tablica 6: Pregled AI tehnologija i primjera stvarnih proizvoda

Tehnologija	Detalji	Glavne tehnike AI-ja	Primjer
Procesiranje prirodnog jezika (NLP)	AI automatski generira tekstove (automatizirano novinarstvo), interpretacija teksta, uključno sa semantičkom analizom (prevođenje, pravne usluge)	Strojno učenje, regresija, K-means klasteriranje	Otter

Prepoznavanje jezika	Primjena NLP-a nad izgovorenim rječima, na pametnim telefonima, konverzacijskim botovima i sl.	Strojno učenje, pogotovo rekurentne long short-term memory mreže	Alibaba Cloud
Chatbotovi	Primjena NLP-a i strujnog/dubokog učenja za automatsko odgovaranje na pitanja	Klasično strojno učenje ili duboko mreže, NLP	IBM Watson
Prepoznavanje slika i procesiranje	Prepoznavanje lica, npr. e-putovnice; prepoznavanje pisanja, npr. automatsko sortiranje pošte; manipulacija slikama, npr. računalno lažiran sadržaj (engl. <i>deepfake</i>); autonomna vozila	Strojno učenje, konvolucijske neuronske mreže	Google Lens
Autonomni agenti	Avatari u računalnim igrama, maliciozni softvare botovi, virtualni partilac, pametni roboti, i autonomno ratovanje	Klasični AI (GOFAI) i strojno učenje (npr. samoorganizirajuće mreže, evolucijsko učenje, podržano učenje)	Woebot
Detekcija afekta	Uključuje analizu teksta, ponašanja i analiza ponašanja lica	Bayesovske mreže i duboko učenje	Affectiva
Otkrivanje znanja u podacima	Uključuje financijska predviđanja, detekciju prevara, medicinsku dijagnostiku, vremensku prognozu, poslovne procese i pametne gradove	Strojno učenje (nadgledano i duboko učenje), Bayesovske mreže, metoda potpornih vektora	U razvoju
Automatsko ispravljanje tekstova	Formativno i sumativno ocjenjivanje pisanog jezika	NLP, duboko učenje	e-rater, Lighthouse
Umjetna kreativnost	Uključuje sustave koji su u stanju kreirati nove slike, glazbu i sl.	Generativne suparničke mreže, autoregresivni modeli za izradu tekstova nalik ljudskim	This Person Does Not Exist, GPT-3

(Izvor: Miao i suradnici, 2021. [43], Perelman, 2020. [41], Chang, 2016. [26])

5.3. Mogućnosti primjene AI u nastavi

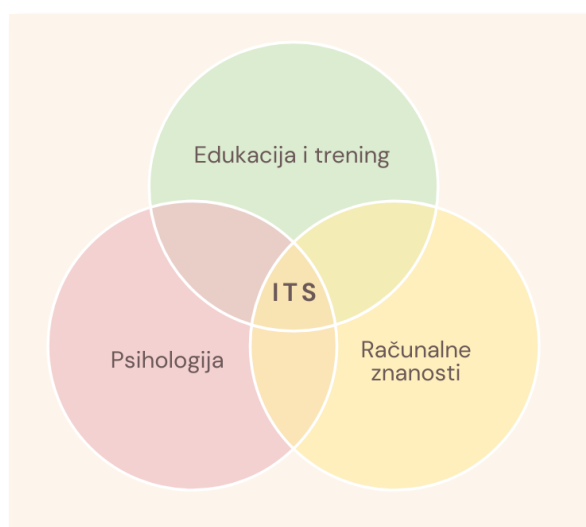
U sljedećih nekoliko potpoglavlja biti će prikazan rezultat analize mogućnosti primjena gore navedenih tehnologija i njihovih izvedenica prilagođenih za uporabu u edukacijske svrhe, od samih početaka primjene umjetne inteligencije do novijih i modernijih pristupa.

Inteligentni sustavi za poučavanje

U svom radu „The 2 Sigma Problem“ [18] Bloom je pokazao kako personalizirano jedan-na-jedan poučavanje u kombinaciji sa tradicionalnom procjenom rada i korektivnim instrukcijama rezultira u pozitivnim učincima od čak dvije standardne devijacije, odnosno da prosječni student koji je dobivao prilagođeno podučavanje imao bolje rezultate od čak 98% učenika koji nisu imali takav tretman. Nedvojbeno je da je takav pristup neizvediv za većinu modernih društava kao dio javnog obrazovanja zbog izrazito velike potrebe za educiranim kadrom i novčanim sredstvima koje bi takav poduhvat iziskivao, stoga je u stvarnom svijetu ovakav cilj neostvariv. Kao najbolja alternativa tom pristupu predstavljaju se inteligentni sustavi za poučavanje (engl. *intelligent tutoring system*).

Inicijalna rješenja takvog tipa počela su se pojavljivati još u 1970.-tim godinama i predstavljaju prvu primjenu umjetne inteligencije za poučavanje. Carbonell je korištenje računala u edukaciji nazvao *Computer Assisted Instruction (CAI)*, tvrdivši da bi se trenutna ograničenja mogla zaobići koristeći umjetnu inteligenciju. [19].

Razvoj takvog sustava stoji u presjeku računalnih znanosti, kognitivne psihologije i edukacijskog istraživanja, kako je to prikazano na slici ispod (Slika 8).



Slika 8: Domena ITS-a, prema [20]

Razni autori preferiraju cijeli varijetet imena za ovu vrstu sustava, gdje ih neki od njih nazivaju Knowledge-Based Tutoring System (KBTS) ili Adaptive Tutoring System (ATS), prvenstveno s razlogom da izbjegnu izraz *Intelligent*, jer su mnogi od njih smatrali da je nazivanje takvog sustava inteligentnim neispravno. [20]

Prisustvo ljudskog učitelja tijekom jedan-na-jedan sesija daje učeniku mogućnost da lakše pronađe rješenje problema na način da se učenika usmjeri prema strategiji koja funkcionira i da mu se ukaže na to što ne radi. Nadalje, učitelji često u učenicima bude osjećaj izazova i znatiželje te brinu da učenik uvijek ima osjećaj kako ima situaciju pod kontrolom. Povrh toga, oni učeniku ne daju konkretna rješenja problema već ga navode prema tome da sam pronađe kako se osloboditi toga problema. Takav pristup motivira učenika da prevlada probleme s kojima se susretne. Naposljetku, jedna od glavnih karakteristika načina na koji funkcioniraju ljudski učitelji je njihova interaktivnost koja se očituje u tome da daju konstantnu povratnu informaciju učenicima za vrijeme dok oni rješavaju probleme. [21] Stoga je jedna od najznačajnijih karakteristika koju ITS mora posjedovati jest interaktivnost i davanje povratne informacije kakve bi davao i stvaran učitelj, dakle ITS ne bi trebao davati samo točno/netočno i slične jednostavne i nedeskriptive odgovore.

Kako učenik polako sudjeluje u dostupnim aktivnostima za učenje, sustav koristi strojno učenje i algoritme za praćenje znanja poput Bayesovskog praćenja znanja kako bi automatski prilagodio razinu težine i po potrebi dao sugestije u ovisnosti o individualnim snagama i slabostima učenika, sve sa svrhom da učenik može što efikasnije naučiti temu koju proučava. Povrh toga, kako kognitivna sposobnost učenika ovisi o njegovim emocijama [22], čest je slučaj da ITS-ovi prate i učenikovu motivaciju, pogotovo razinu pažnje prateći njegov pogled – jer osnovni uvjet da učenik nešto nauči iz materijala jest da mu je pažnja usmjerena baš na taj materijal.

Osnovni problem sa ITS-ovima jest u tome da načelno smanjuje ljudski kontakt između učenika i učitelja dok su svaki od njih zagledani u svoje monitore i uređajima na kojima koriste ITS sustav. Također, ako je učenje u potpunosti prebačeno na ITS, učitelj često provodi veliki dio vremena ispred svog računala kako bi mogao nagledati na koji način učenici koriste ITS. Iz tog razloga, ako se učitelj odluči prošetati učionicom kao što to vjerojatno bi u situacijama gdje se ITS ne koristi, izgubiti će pristup onome što učenici trenutno rade. To će na kraju značiti da se stvara novi izazov u tome kako odlučiti kojem studentu dati pažnju. Jedno od mogućih rješenja tog problema dali su autori u radu [23], a to je ekstenzija ITS sustava zvana Lumilo koja u realnom vremenu koristi pametne naočale temeljene na proširenoj stvarnosti. Lumilo je u mogućnosti prikazati bogatu analizu koju ITS-ovi generiraju, na način da prezentira indikatore trenutnog stanja svakog učenika. U naočalama iznad svakog učenika informacije lete o njegovom trenutnom učenju (npr. nesporazumi i nedoumice) ili ponašanju (npr. nepažnja), te na taj način on dobiva kontinuiranu informaciju na temelju koje može po potrebi djelovati.

Glavna beneficija takvog pristupa je da učitelj istovremeno može direktno pogledom pratiti znakove koje možda ITS nije uspio uhvatiti, na primjer jezik tijela učenika ili poglede frustracije.

Ovo je jedna od situacija u kojoj zbog uporabe jedne vrste umjetne inteligencije stvorio problem koji se rješava uporabom druge vrste umjetne inteligencije potakla. Iako je ovo rješenje tehnički kompleksno i pokazuje visoku razinu interoperabilnosti između različitih tehnologija, postavlja se pitanje ljudskih prava i posebice prava na privatnost.

Inteligentni sustavi za poučavanje jedan su od popularnijih primjena umjetne inteligencije u edukaciji, te je trenutno dostupno oko 60 takvih sustava za poučavanje. [43]

Sustavi za poučavanje bazirani na dijalogu (DBTS)

Ovakvi sustavi predstavljaju drugačiji pristup ITS-u koji stvara iskustvo učenja temeljeno na prirodnom jeziku i klasifikaciji učeničkih odgovora u prirodnom jeziku. [24] DBTS-ovi koriste metodiku Sokratove dijaloške metode, u kojoj se učeniku pomoću tehnika umjetne inteligencije postavljaju pitanja i navodi ga se prema cilju. Na taj se način razvija dijalog tijekom kojeg učenici sami pronalaze odgovor na traženi problem. Ideja takvog pristupa je da se učenici potaknu da sami sudjeluju u stvaranju objašnjenja problema kako bi dostigli duboko shvaćanje teme, umjesto plitkog shvaćanja koje može biti rezultat korištenja nekih od instrukcijskih ITS-ova.

Za razliku od ITS-a, DBTS-ovi su zastupljeni u značajno manjem broju. Najviše testiran je sustav zvan AutoTutor. Taj je sustav zamišljen da kontrolira razgovor na temelju modela poučavanja očekivanje-zabuna. Odnosno, razgovor se sastoji od skupa predviđenih točnih

odgovora (očekivanja) te skupa netočnih odgovora koje učenici često daju (zabuna).



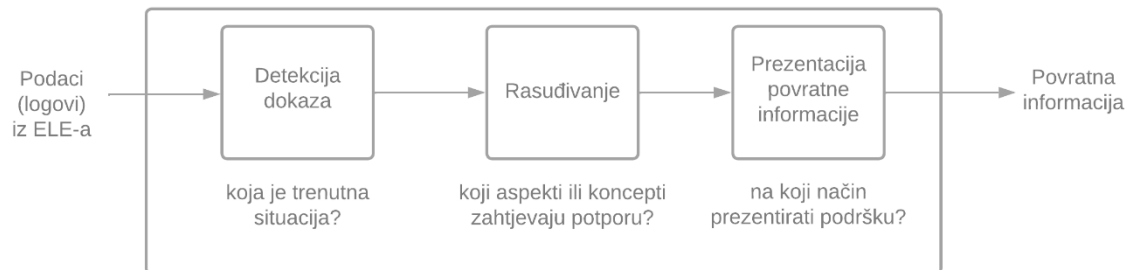
Slika 9: Sučelje AutoTutora prilikom učenja, izvor: [25]

Sveukupno AutoTutor sa slike 9 slijedi sljedećih pet koraka: 1) učitelj postavlja pitanje/problem, 2) učenik pokušava dati odgovor, 3) učitelj daje kratku evaluaciju kao povratnu informaciju, 4) nastaje kolaborativna interakcija radi poboljšanja odgovora), 5) učitelj provjerava je li učenik shvatio. [25] U nedavnoj povijesti pojavio DBTS zvan Watson Tutor u suradnji IBM-a i Pearson-a. Sustav je sličan AutoTutoru, ali je zamišljen na način da podržava iterativni razvojni ciklus i stvaranje novog sadržaja temeljeno na određenim automatskim tehnikama čime se olakšava razvoj sadržaja koji je ionako kompleksan jer zahtjeva suradnju stručnjaka iz više područja. [26]

Istraživačka okruženja za učenje (ELE)

Alternativan pristup poučavanju „korak-po-korak“ kojeg koriste ITS i DBTS-ovi realiziran je u obliku istraživačkih okruženja za učenje (engl. *exploratory learning environment*, ELE). Zadaci u ELE-ovima nisu striktno definirani, već su zamišljeni kao otvorena pitanja koja prvenstveno promoviraju razvoj konceptualnog prije nego proceduralnog znanja [27]. Učenici se potiču na aktivno stvaranje njihovog osobnog znanja tako što istražuju okolinu za učenje i rade poveznice s postojećim znanjima. Umjetna inteligencija u ovom slučaju ima ulogu

minimizirati kognitivno preopterećenje koje se često povezuje sa istraživačkim učenjem. Način na koji to radi je da pruža automatizirano usmjeravanje i povratnu informaciju, na temelju praćenja znanja i strojnog učenja, na sličnim principima kao što to rade ITS-ovi. Ovakva vrsta povratne informacije rješava nedoumice i predlaže alternativne pristupe, kako bi pružilo podršku učenicima dok istražuju. [43]



Slika 10: Proces inteligentne podrške u ELE-ovima, prema [41]

Pokazalo se kako je za učenike s niskom i srednjom razinom znanja direktno usmjereno poučavanje efektivnije nego konstruktivistički pristup s minimalnim usmjeravanjem kakav se koristi kod ELE sustava. Čak i kod učenika sa značajnijom razinom prethodnog znanja, čvrsto usmjeravanje tijekom poučavanja često se pokazalo jednako efektivnim kao i pristupi bez usmjeravanja. Povrh toga, dokazano je kako neusmjereno poučavanje može imati i negativan utjecaj kada učenik stekne pogrešno shvaćanje teme umjesto točnog znanja ili čak nepotpuno ili neorganizirano znanje. [28], [44]

To je vjerojatno jedan od razloga zbog čega ELE-ovi još nisu zaživjeli kao široko komercijalno dostupni proizvodi u usporedbi s prethodno diskutiranim vrstama inteligentnih sustava za poučavanje.

„Poučljivi“ agenti

Dugo prihvaćena činjenica jest da poučavanjem može se naučiti tu istu temu koja se poučava na dubljoj razini i s boljom retencijom znanja. [29] To iskorištavaju i poučljivi agenti, u čijoj uporabi učenik preuzima ulogu učitelja i poučava pedagoškog agenta (digitalnog učenika) koji tada rješava probleme i dobiva povratnu informaciju.

Istraživanja su pokazala beneficije i po pitanju ciljeva ishoda učenja, ali i na motivaciju učenika. Pozitivan utjecaj se očituje u tome da se učenici više trude učiti kako bi mogli poučiti svoje agente nego da uče sami za sebe samo čitajući i ponavljajući. Povrh toga, oni preuzimaju

odgovornost za svoje agente i pokazuju angažiranost u davanju instrukcija i međusobno djeluju s njima. [30]

Poučljivi agenti mogu postojati i kao dio IRS-a i ELE-a. Tako na primjer, Betty's Brain ELE stvoren na Vanderbilt University-u u sebi ima poučljivog agenta zvanog Betty kojim se učenici potiču da svoju virtualnu kolegicu uče o riječnim ekosustavima. Učenje kroz poučavanje implementirano je kroz tri glavne komponente: 1) poučavanje Betty pomoću umne mape, 2) postavljanje upita Betty kako bi se vidjelo koliko je dosad shvatila, 3) postavljanje Betty unaprijed pripremljenog kviza kako bi se prošla pitanja i koja student možda nije postavio. Sve te aktivnosti ukomponirane su u neku veću narativu kako bi se bolje motiviralo učenika (npr. Betty treba podučiti kako bi prošla prijemni test za lokalni klub znanstvenika) [31]

Kolaborativno učenje podržano umjetnom inteligencijom

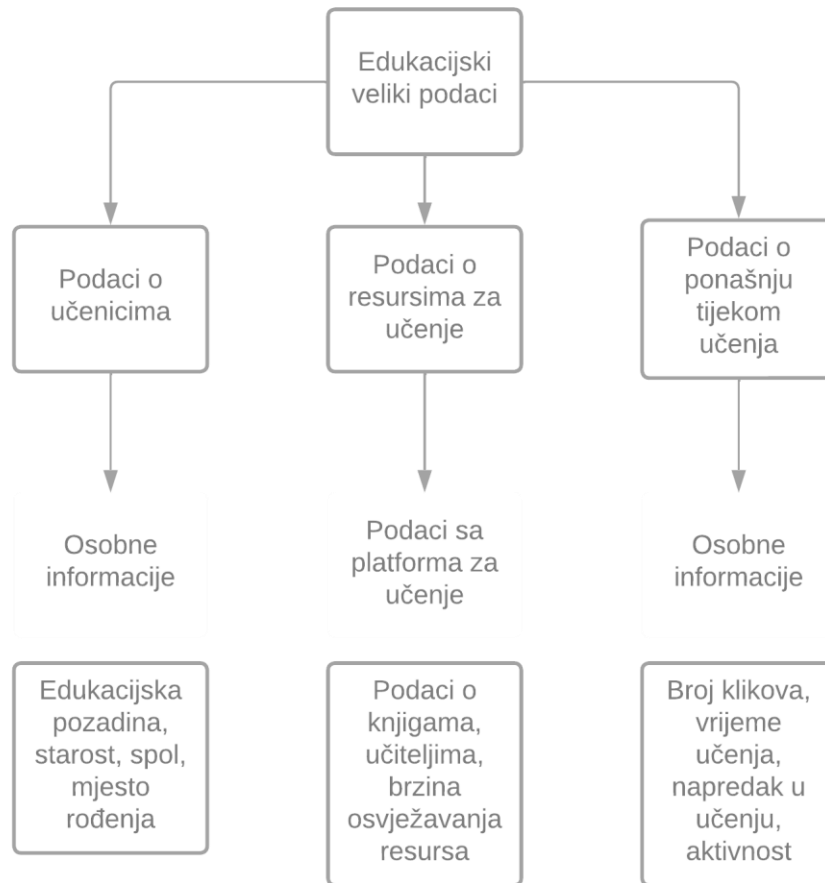
Na isti način kako mogu učiti virtualnog agenta, slične beneficije mogu se dobiti i kolaborativnim učenjem između više učenika umjesto da se podučava samo virtualni učenik. Nije uvijek lako ostvariti efektivnu suradnja između učenika, što stvara potencijalno mjesto za uporabu umjetne inteligencije. Alat za suradničko učenje temeljeno na umjetnoj inteligenciji mogao bi povezivati učenike za učenje na daljinu, identificirati učenike najbolje kvalificirane za određene zadatke i grupirati ih skupa, ili preuzeti ulogu virtualnog agenta koji će aktivno sudjelovati u grupnim diskusijama. Trenutno još ne postoje konkretni primjeri stvarnih proizvoda za kolaborativno učenje baziranih na umjetnoj inteligenciji, ali se područje aktivno istražuje, tako su na primjer u [32] autori istraživali izvedivost korištenja AI baziranog asistenta u situacijama kada se unutar učionice organizira kolaborativno učenje na temelju *Wizard-of-Oz* protokola, odnosno istraživačkog eksperimenta u kojemu ispitanici komuniciraju s računalnim sustavom za koji vjeruju da je autonoman, ali njime zapravo upravlja ili djelomično upravlja čovjek kojega ispitanici ne vide.

Big data

Iako se sam pojam big data ne smatra dijelom umjetne inteligencije, razne tehnike umjetne inteligencije oslanjaju se na podatke za svoje funkcioniranje. Sposobnost umjetne inteligencije da analizira neki problem ograničen je kvalitetom i količinom podataka na kojima je model treniran. Stoga big data daje široki uzorak informacija iz kojega modeli umjetne inteligencije mogu učiti, ali i nad kojima se mogu provoditi analize na temelju umjetne inteligencije. Tako se, na primjer, algoritmi dubokog učenja primjenjuju prilikom ekstrakcije reprezentativnih grupa podataka bez ljudske interferencije. [33]

Dva glavna područja korištenja *big data* u edukaciji navode se kao analitika poučavanja te razvoj edukacijske politike. Analitika poučavanja uključuje mjerenje, sakupljanje, analizu i izvještavanje o podacima koji se dotiču učenika i njihovih okruženja, sa svrhom poboljšanja učenikovih rezultata. Romero i Ventura ističu kako se tehnike analize podataka ne koriste samo u tradicionalnim *face-to-face* okruženjima, već da su primijenjeni i u računalnim sustavima poput LMS-a, adaptivnih edukacijskih hipermedijskih sustava, računalno podržanim kolaborativnim učenjem i ITS-ovima. [45]

Nadalje [35] navodi kako osim dobivanja uvida u uspješnost učenika na temelju njihovih rezultata, tehnike analize velikih količina podataka mogu se koristiti i za određivanje smjera i razvojnih politika u području edukacije. Osim što s vremena na vrijeme svoje mišljenje daju kroz posebno pripremljene ankete i upitnike kojima se na raznim razinama školstva pokušava steći slika o mišljenju učenika i studenata, navika je korisnika Interneta, a pogotovo korisnika društvenih mreža i blogera, da svoje mišljenje i osjećaje izražavaju na javnim internetskim mjestima. Takvi noviji izvori informacija o javnom mišljenju mogu biti izrazito korisni za one koji određuju u kojemu smjeru će se kretati razvoj, kako bi mogli na temelju njih formulirati nova rješenja, utvrditi efektivnost postojećih, ali i uključiti samu javnost u stvaranje novih ideja i rješavanje problema. [7] Internetski izvori podataka javnog mišljenja često su bogat izvor podataka s detaljima o ljudskom ponašanju i kontekstualnim faktorima, uključujući tekstualne informacije (npr. tekstualnu poruku o određenom zakonu), temporalnu informaciju (npr. vrijeme kada je poruka poslana) te strukturalnu komponentu (npr. tko je s kime razgovarao o određenom zakonu). [34]



Slika 11: Vrste velikih podataka u edukacijskoj sferi, prema [49]

Mnoge popularne socijalne mreže nude aplikacijska programska sučelja (API) preko kojih se mogu postavljati upiti za dohvaćanje velikih količina podataka, bilo to tweetova na određenu temu, komentara koje su ostavili korisnici Facebooka, edukacijskih objava koje su objavili blogeri ili pretraživanja koja su napravili korisnici. Osim što se na taj način može automatizirati prikupljanje podataka, koriste se i druge tehnike poput *web scrapinga* i njoj povezane tehnike *web crawlinga*. Web scraping definira se kao „sistemizirana ekstrakcija sadržaja s web-stranica“. Scrapingu prethodi web crawling na način da pomoću crawlinga dolazi se do dokumenata koji služe za određivanje strukture i sadržaja web stranica, a iz njih scrapingom izvlači se kritične informacije te poveznice na ostale web stranice na kojima se može pronaći sličan sadržaj. Scraping weba može uvelike pomoći s tehnikama vezanim uz obradu prirodnog jezika (engl. *natural language processing*), a to je zajedničko područje umjetne i umjetne inteligencije kojemu je zadatak omogućiti računalima razumijevanje ljudskih jezika. Detaljnije o obradi prirodnog jezika biti će rečeno u dijelu o chatbotovima i njihovoj potencijalnoj primjeni u školstvu.

Iako je lako uočiti pozitivne strane automatiziranog prikupljanja, procesiranja i analize podataka koja omogućava da akteri zaduženi za stvaranje edukacijskih politika mogu na vrijeme biti informirani o javnom mišljenju te da mogu na temelju toga evaluirati njihovu efektivnost, postoji i druga strana problema koji je potrebno razmotriti. Big data se akumulira brzinom koja još nije dosada viđena, od više zainteresiranih strana, s više aspekata osobnog života, te s većom granularnošću nego inače. [36] Takvi se problemi potenciraju u situacijama poput osnovnoškolske edukacije u kojima bi se pristanak za prikupljanje podataka trebao zahtijevati od roditelja. Također, postavlja se pitanje sigurne pohrane i procesiranja prikupljenih podataka, u koju se istovremeno uključuje i zaštita tih podataka od zlouporabe. [35] navodi kako se podaci često pohranjuju na više odvojenih lokacija – lokalno na mjestu gdje se provodi poučavanje, u online sustavima za učenje, na mobilnim uređajima i sl. S jedne je strane to pozitivno za sigurnost podataka, jer ugrožavanje sigurnosti jedne baze podataka ne će nužno utjecati na sigurnost drugih i posljedično cijelog sustava. No, ako su podaci odvojeni na taj način, smanjuje se potencijalna iskoristivost podataka koju bi imali da su centralizirani zajedno u jednoj točki pohrane.

Kao i s drugim područjima umjetne inteligencije, postavlja se i pitanje je li etički provoditi istraživanje temeljeno na rezultatima za koje ispitanici nisu eksplicitno dali svoj pristanak. Problem se potencira zbog toga što postupci *data mininga* omogućavaju izvođenje zaključaka o subjektu nad kojim se analiziraju podaci, a za koje on možda ne bi nužno htio sam javno podijeliti. [46]

Automatska evaluacija pismenih zadataka

Jedan od pristupa kojima umjetna inteligencija može pomoći učenicima i studentima prilikom pisanja svojih esejskih radova, ali i koji bi nastavnicima trebao olakšati zamoran posao ocjenjivanja velike količine učeničkih radova jest automatska evaluacija pismenih zadataka (engl. *automated writing evaluation*). Umjesto da pruža adaptivnu podršku tijekom pisanja radova, u ovome se slučaju pojavljuju dva međusobno preklapajuća pristupa [37] – formativna evaluacija s ulogom da učenicima pomaže da isprave greške koje često čine, još prije nego trebaju svoje radove predati na ocjenjivanje, te sumativna evaluacija prilikom koje umjetna inteligencija olakšava. AWE koristi tehnike procesiranja prirodnog jezika (NLP) te latentne semantičke analize (LSA) kao jedne od podkategorija NLP-a kojom se analiziraju veze između više dokumenata i pojmova sadržanih u svakom od tih dokumenata. Ova tehnika funkcionira na način da uspoređuje pisani tekst sa postojećom velikom bazom tekstova iz istog žanra i postupno ispituje mjerljive značajke u tekstu, na primjer sintaksu, kompleksnost teksta, ukupan broj riječi i širinu vokabulara korištenog u tekstu.

Korištenje takvih sustava u svrhu sumativnog vrednovanja je od početaka u 1960.-im stvorilo priličnu kontroverzu jer iako imaju očitih beneficija od kojih je primarna brzina ispravljanja velikih količina zadataka u kratkom vremenu, često se preispituju kriteriji po kojima se ravna takav sustav te načini na koji se on može prevariti. [47] AWE-ovi mogu biti od velike koristi u situacijama poput primjerice ocjenjivanja eseja iz Državne mature, prilikom koje se u je potrebno ocijeniti veliki broj pristupnika, a taj je broj 2021. bio oko 29 tisuća učenika koji su pristupili ispitu iz hrvatskog jezika. [48] Pokazano je kako postoji određen stupanj konzistencije između ocjena kojima su ljudski ocjenjivači ocijenili iste radove koje su ocjenjivali popularni AWE programi, unatoč pojedinim značajnim iznimkama. [38]

Kritike koje se nerijetko usmjeravaju prema AWE-ovima vezane su uz mogućnost da se sustav prevari korištenjem tekstova koji naizgled zadovoljavaju sve relevantne kriterije osim onoga da je sam tekst koherentan i ima logičkog smisla. Jedan od glavnih kritičara AWE sustava, Les Perelman, stvorio je online alat za generiranje besmislenih tekstova baziranih na datom naslovu eseja koji će vrlo vjerojatno biti ocijenjen visokim ocjenama, što je i demonstrirao na nekoliko primjera koji „apsolutno nemaju nikakvog smisla“ iako su ih alati jako visoko ocijenili zbog kompleksnog diskursa i širokog vokabulara. [41] Povrh toga, AWE alati nisu u mogućnosti procijeniti kreativnost nečijeg rada, za što ipak treba intervencija ljudskog stručnjaka. Nadalje, sumativni AWE ne rješava problem korištenja drugih tehnologija umjetne inteligencije, a to su školske i fakultetske zadaće napisane pomoću *deep fake* algoritama povlačeći inspiraciju iz domenske ekspertize istovremeno imitirajući stil pisanja običnog učenika. Takvi slučajevi će vjerojatno biti vrlo teški za detektirati. [43] Konačno, iako može vremenski biti puno efikasnije od ručnog ispravljanja pojedinih učeničkih radova, korištenjem

umjetne inteligencije u tu svrhu gubi se mogućnost da nastavnik utvrdi kompetencije i navike pojedinog učenika kroz ručno ocjenjivanje radova.

Formativno ocjenjivanje, u svrhu podrške razvoju učeničkih pismenih kompetencija na nešto je na pozitivnijem glasu te razni autori ističu kako korištenje AWE softvera u formativne svrhe može dati poticaj učenicima da naprave osvrt na svoj rad [39], ali i kako ima pozitivan utjecaj na motivaciju učenika za pisanjem. [40]

Kako je ovo jedna od više primijenjenih AI tehnologija u nastavi, razvijen je veći broj alata koji se aktivno koriste: Criterion (ETS), Write&Improve (Cambridge English), MY Access! (Vantage Learning), WriteToLearn (Pearson) i drugi slični alati. Neki od tih alata dolaze s integriranim pomoćnim alatima, na primjer za detekciju plagijata, online rječnicima i sl.

Chatbotovi

Temeljem njihove sofisticiranosti i kompleksnosti potrebne u stvaranju odgovora na upit, chatbotovi se mogu podijeliti u dvije kategorije – **chatbotovi bazirani na dohvat** **predefiniranih odgovora** za situacije u kojima je potreban jednostavan odgovor na korisnikovu naredbu, te na **generativne chatbotove** koji zahtijevaju konstruiranje jedinstvenog i kontekstualno prikladnog odgovora na upite korisnika. [49] Generativni modeli ne oslanjaju se na predodređene odgovore, stoga je za njih važno shvaćanje prirodnog jezika i mogućnost razumijevanja konteksta.

Autori u [50] ističu kako u slučaju chatbotova sa predefiniranim odgovorima ne postoji šansa stvaranja gramatičkih grešaka jer sustav ne stvara nove odgovore dokle god je originalni skup odgovora gramatički ispravan. Takve greške mogle bi stvarati frustraciju i napetost kod korisnika, ali je s druge strane ograničen na taj skup odgovora i nema alternativne solucije ako odgovor na postavljeno pitanje nije definiran unaprijed. U takvim su slučajevima bolji sustavi s generativnim odgovorima, jer oni koriste podatke iz skupova nad kojima su trenirani kako bi sami generalizirali odgovore.

Chatbotovi s predefiniranim odgovorima koriste tehnike poput uklapanja ključnih riječi, strojnog ili dubokog učenja kako bi identificiralo najprikladniji odgovor na pitanje. Svejedno o kojoj se tehnici radi, odgovor koji može ponuditi ne izlazi iz okvira koji su unaprijed definirani. Generativni chatbotovi mogu koristiti kombinaciju nadgledanog, nenadgledanog, podržanog učenja te suparničkih tehnika sa svrhom treninga u više koraka. Problem s korištenjem nadgledanog učenja prilikom treninga chatbota je da taj tip često prioritizira odgovore s visokom vjerojatnošću poput „Da, znam“, osim toga što često izbjegavaju vlastite imenice u svom govoru jer se one manje pojavljuju u stvarnom govoru od ostalih riječi. Stoga takvi sustavi

često zvuče repetitivno i ne zvuče naročito slično ljudskom razgovoru, pa se radije koristi podržano učenje kako bi chatbotovi optimizirali svoj dijalog u pokušaju dobivanja kumulativne nagrade. [51]

Rouhianen navodi kako je jedna dodatna beneficija postojanja chatbotova u sveučilišnim okruženjima koji odgovaraju na pitanja studenata je mogućnost prikupljanja velike količine big data vezane uz brige učenika i područja interesa. Ti bi se podaci mogli analizirati kako bi se pomoglo sveučilištima da stvore inovativne nove servise i programe kako bi se još više poboljšalo iskustvo studenta tijekom studiranja. [52]

5.4. Tehnološki stogovi primjene AI u nastavi

Chen i suradnici u svome radu navodi nekoliko scenarija primjene umjetne inteligencije u edukaciji, te njima odgovarajuće tehnike povezane s umjetnom inteligencijom.

Tablica 7: Primjeri scenarija primjere i povezane AI tehnike

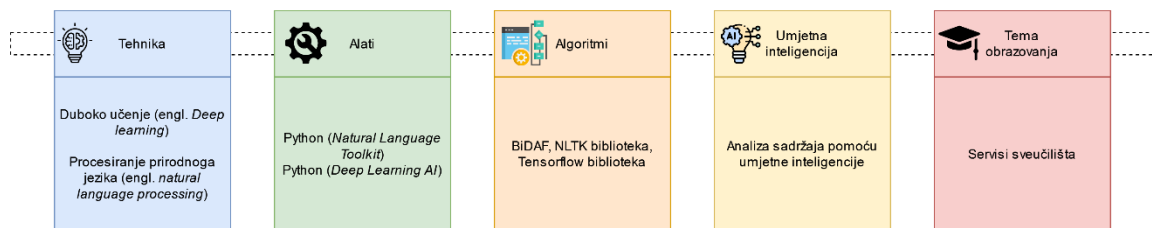
Scenarij AI edukacije	AI-povezane tehnike
Procjena učenika i škola	Adaptivne metode učenja i personalizirani pristup učenju, akademske analitike
Ocjenjivanje i evaluacija radova i ispita	Prepoznavanje slika, računalna vizija, sustav za predviđanje
Individualizirano inteligentno poučavanje	Otkrivanje znanja u podacima ili Bayesovsko zaključivanje o znanju, inteligentni sustavi za poučavanje, analitike poučavanja
Pametne škole	Prepoznavanje lica, prepoznavanje govora, virtualni labosi, proširena/virtualna stvarnost, tehnologije za slušanje i osjećanje
Online i mobilna udaljena edukacija	Računalstvo na rubu, virtualni personalizirani asistenti, analiza u stvarnom vremenu

(izvor: Chen i suradnici, 2020.)

Proučiti će se i primjeri konkretnih tehnoloških stogova koje razni autori predlažu na temelju tehnike umjetne inteligencije, alata i programskih biblioteke koje se koriste, algoritama

iz tih biblioteka, scenarija uporabe umjetne inteligencije te teme obrazovanja u kojoj bi se taj stog mogao primijeniti

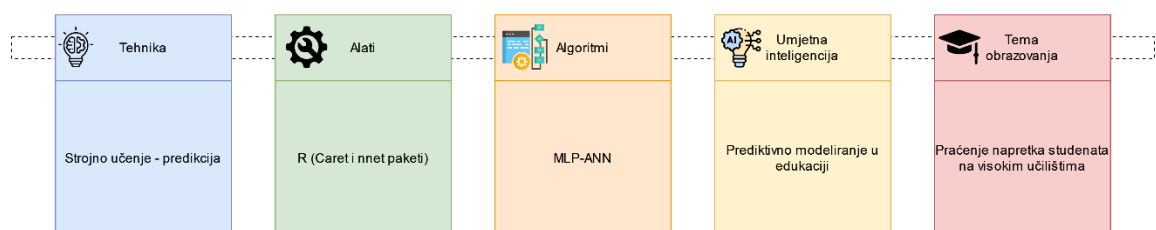
Prvi stog vezan je uz izradu alata za odgovaranje na često postavljena pitanja usmjerena od studenata prema profesorima i nastavnom osoblju na sveučilištima. Sayama i suradnici izradili su skup podataka i AI model za rješavanje toga problema na portugalskom jeziku temeljen na sljedećem stogu [53]:



Slika 12: Stog korišten za izradu Python baziranog modela u [53]

Kako se radi o procesuiranju velike količine stvarnih tekstova, pitanja i odgovora jedan od glavnih izbora je kombinacija procesiranja prirodnog jezika i dubokog učenja koje je vrlo potentan alat za uporabu u klasifikaciji. Korišteni alati su Python s bibliotekama NLTK (engl. Natural Language Toolkit) za procesiranje tekstova, BIDAF biblioteka (engl. Bidirectional Attention Flow for Machine Comprehension) te Tensorflow. Tensorflow je popularna Python biblioteka za duboko učenje te prirodno dolazi u kombinaciji sa NLTK-om koji će kasnije koristiti model koji je Tensorflow istrenirao. Strojno razumijevanje (engl. machine comprehension, MC) odnosi se na mogućnost modela da razumije kontekst danog teksta i odgovora na pitanje o njemu. BiDAF biblioteka služi baš za implementaciju takvog modela duboke mreže koja na raznim razinama granularnosti može biti svjesna konteksta teksta kojeg procesuirala.

Drugi stog koji će se proučavati vezan je uz analizu napretka studenata na sveučilištima, ali umjesto Pythona on koristi R i odgovarajuće biblioteke za strojno i duboko učenje, koje se kod njega zovu paketima (engl. *package*). [54]

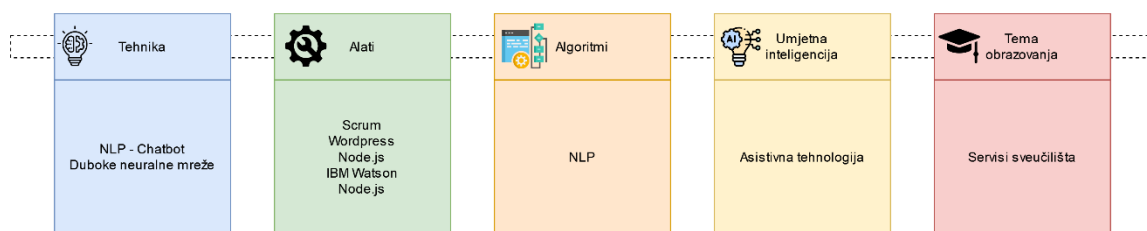


Slika 13: Stog korišten za izradu modela u [54]

Algoritam koji je korišten naziva se **MLP-ANN**, a taj naziv dolazi od dva dijela - **višeslojni perceptron** (engl. multilayer perceptron) i **umjetna neuronska mreža** (engl. artificial neural network, ANN). Drugi naziv je *multilayer feed-forward network*, što znači da je to mreža bez povratnih veza. Generalno su MLP-ovi iskoristivi za probleme predikcije problema gdje su ulazi označeni klasom ili nekom drugom oznakom, ali kako je MLP primjer univerzalnog aproksimatora, može biti korišten i za probleme regresije gdje se stvarna kvantitativna varijabla predviđa na temelju skupa ulaznih podataka.

Caret paket (engl. Classification And Regression Training) paket sadrži skup funkcija za kreiranje prediktivnih modela (dijeljenje podataka, predprocesiranje, procjena važnosti varijable, itd.), dok **nnet** paket daje mogućnost izrade neuronske mreže sa jednim sakrivenim slojem.

Treći stog koji će se proučiti korišten je za izradu konkretnog alata temeljenog na uporabi umjetnoj inteligenciji, realiziranog u obliku chatbota. [55]

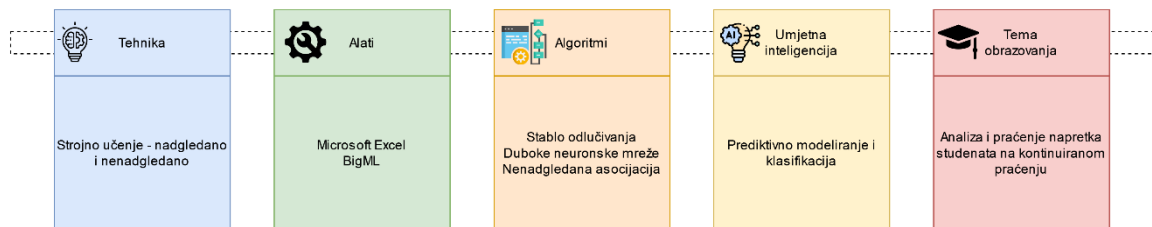


Slika 14: Stog korišten za izradu aplikacije u [55]

Ova aplikacija rješava problem traženja informacija kod studenata kroz ručno traženje na web stranicama fakulteta ili čekanja da se konzultira sa osobom zaduženom za rješavanje takvih problema, a koja vjerojatno može posluživati samo jednog studenta u danom trenutku što dovodi do stvaranja redova čekanja.

Korištena je IBM-ova Watson platforma i njezini servisi za Text to Speech i Speech to Text. Nije specificirano koji se algoritmi koriste za implementaciju samih funkcionalnosti u Watsonu, ali može se pretpostaviti da se radi o dubokim neuronskim mrežama kojima je svrha ekstrahirati spektralne značajke izvornog govora kako bi ga se moglo transformirati u ciljni rezultat. Sustav je realiziran kao korisničko sučelje bazirano na Wordpress-u, Node.js aplikacija kojom se upravlja chatbotom i koja komunicira sa Watsonovim servisima te ElephantSQL kao Postgres SaaS kojeg također pruža IBM.

Posljednji tehnološki stog koji će biti istražen temelji se na uporabi platforme BigML tijekom cijelog procesa od izrade modela do prezentacije rezultata klasifikacije i predviđanja rezultata studenta na kontinuiranom praćenju.



Slika 15: BigML Stog za besplatno korištenje strojnog učenja

Za pripremu podataka korišten je Microsoft Excel, dok se provođenje svog strojnog učenja radi u BigML. Za predviđanje korištene su duboke neuronske mreže, za povezivanje kritičnih atributa korištena je nenadgledana tehnika asocijacije, dok su stabla odlučivanja korištena za određivanje ocjena uzevši u obzir attribute koji na nju utječu.

5.5. Primjer primjene umjetne inteligencije u nastavi

Do sada su u radu bili pokriveni teorijski aspekti umjetne inteligencije u obrazovanju. Opisani su načini korištenja umjetne inteligencije u obrazovanju i dani su primjeri tehnika i tehnologija umjetne inteligencije. Sada slijedi primjer korištenja umjetne inteligencije radi analize i poboljšanja kontinuiranog praćenja studenata u visokoškolskoj nastavi u praksi koristeći besplatnu platformu BigML.

5.5.1. BigML

BigML je MLaaS (engl. *Machine Learning as a Service*) platforma koja omogućava jednostavno korištenje algoritama strojnog učenja preko web preglednika, komandne linije ili spajanjem na RESTful servis korištenjem nekog programskog jezika poput Pythona, Node.js-a, Rubyja, Jave, Swifta itd. [56], [57] Kako bi strojno učenje bilo popularno, nužan je slobodan pristup velikoj procesorskoj moći. Platforma poput BigML-a nudi rješenje u oblaku koje omogućava tvrtkama da automatiziraju procese i prošire mogućnosti dnevnih zadataka koristeći alate strojnog učenja. [57] U radu je BigML korišten putem web preglednika jer aplikacija na njemu nudi dovoljno mogućnosti za potrebe ovoga rada. Bitno je naglasiti da je BigML u potpunosti besplatan, doke god je korisnik zadovoljan s maksimalnom veličinom podataka od 16MB i najviše 2 paralelna zadatka u izvođenju u trenutku. [58] To je u biti i više nego dovoljno resursa za potrebe analize studenata na nekom kolegiju.

5.5.2. Izvorni podaci

U prethodnom potpoglavlju opisana je platforma BigML, a ovo poglavlje opisat će testne podatke koji su korišteni u BigML-u.

Uzeti su podaci studenata 3. godine na kolegiju Programsko inženjerstvo na Fakultetu organizacije i informatike u Varaždinu. Svi su podaci bili anonimizirani prije dobivanja datoteke programa Microsoft Excel s njima. Dakle, nije bilo moguće doznati ime, prezime, niti bilo koji drugi podatak o studentima iz izvornih podataka. Dâni su podaci o rezultatima kontinuiranog praćenja za godine 2018., 2019., 2020., 2021. i 2022. Stupci tablica nisu za sve godine bili ujednačeni, a problem su činili i studenti koji obaveze nisu uredno dovršavali, koji su tražili ispis kolegija itd., pa su neke ćelije imale besmislene vrijednosti. Stoga, bilo je potrebno standardizirati podatke tih tablica za sve proučavane godine.

Prije standardiziranja podataka, bilo je nužno odabrati relevantne stupce te izbaciti neispravne retke. Svi studenti koji nisu pristupili prvom kolokviju nisu daljnje razmatrani iz jednostavnog razloga što su očito odustali od studiranja/kolegija i prije nego što bi umjetna inteligencija mogla generirati povratnu informaciju ili predviđanje njihovog uspjeha.

Nakon toga su odbačeni svi izvanredni studenti po modelu B. Model B obuhvaća studente koji ne prate kontinuirano nastavu i ne polažu vježbe iz kolegija na kontinuiran način, već obranu projekta i usmeni ispit obavljaju na ispitnom roku. Takvim studentima je teško pratiti kontinuiran napredak tijekom semestra jer se tu implicira komunikacija nastavnika sa studentom, a takav kvalitativni atribut nije moguće jednostavno analizirati. Nadalje, pregledom strukturiranih podataka uočeno je da su takvi studenti uglavnom gubili potpis ili imali uistinu malo bodova.

Potom su odbačeni svi studenti koji su tijekom semestra izvođenja Programskog inženjerstva bili izvan Hrvatske, na programu ERASMUS, iz razloga što su polagali kolegij na sličan način kao prethodno spomenuti studenti po modelu B. Tako su ostali samo oni studenti koji su kontinuirano polagali kolegij i ostvarili barem neki rezultat na prvome kolokviju.

Sada je trebalo očistiti stupce koji nisu bili relevantni za obradu podataka u kontekstu davanja savjeta tijekom izvođenja nastave. To su stupci poput modela praćenja (jer su svi svedeni na A, tj. kontinuirano praćenje), bodova koji još nisu skalirani, raznih stupaca napomena o dogovorima sa studentima, popisa nezadovoljenih kriterija za ocjenu ili potpis itd. Svođenjem tablica praćenja za svih pet godina na isti oblik, dobiveno je 903 podatka u idućem formatu iz tablice 8.

Tablica 8: Konačan skup atributa podataka

Stupac	Opis	Primjer podataka
Status	Status studenta	redovni
K1 konačno	Konačan broj bodova iz 1. kolokvija	13
K2 konačno	Konačan broj bodova iz 2. kolokvija	12.5
Mentor	Nastavnik koji je mentorirao studenta na projektu	Zlatko Stapić
P1	Bodovi na prvoj obrani projekta	10
OP	Bodovi na konačnoj obrani projekta	22
Vježbe	Bodovi na vježbama	14.5
PP	Pravo na potpis	DA
PP Izlazak	Način dovršetka kolegija	Kolokvirao
Izostanci predavanja	Broj izostanaka s predavanja	5
Bodovi	Bodovi na kolegiju	84.5
Ocjena	Ocjena	5

(izrada autora)

Odabrani atributi prikazani u tablici 8 omogućuju analizu i predviđanje studentskog uspjeha dobivanja prava na potpis ili pak kolokviranja kolegija po raznim kriterijima, primjerice po statusu studenta, bodovima iz prvog kolokvija, po izostancima s predavanja, a čak i po mentoru. Posebno je zanimljivo predviđanje uspjeha po bodovima iz prvog kolokvija, jer ono omogućava pravovremeno upozorenje studentu da s obzirom na dostupne podatke mora krenuti više učiti za drugi kolokvij ili mu prijeti sudbina kolega koji su pali sa sličnim bodovima.

5.5.3. Rezultati obrade

U prethodna dva potpoglavlja opisana je priprema obrade podataka studenata na kolegiju Programsko inženjerstvo u prethodnih 5 generacija. Ovo potpoglavlje opisat će rezultate obrade tih podataka na platformi BigML. Napravljeno je nekoliko konfiguracija koje su navedene ispod.

Nenadgledana asocijacija (engl. *unsupervised association*) omogućuje pregled atributa po principu prethodnik (engl. *antecedent*) i posljedičan (engl. *consequent*) atribut. Na slici 16 mogu se pregledati neki definirani odnosi, uz postotak pouzdanosti (engl. *confidence*).

Antecedent	Consequent	Coverage	Support	Confidence	Leverage	Lift
Vjezbe <= 6 Potpis = NE	Bodovi <= 33	17.0730%	16.1860%	94.8050%	12.6850%	4.6224
Vjezbe <= 6	Kolokvirao = NE	22.7270%	22.7270%	100.0000%	12.4470%	2.2108
Vjezbe <= 6	Potpis = NE	22.7270%	17.0730%	75.1220%	12.0340%	3.3880
Vjezbe <= 6	Bodovi <= 33	22.7270%	16.5190%	72.6830%	11.8570%	3.5438
Vjezbe <= 6	K1 konacno <= 6.9	22.7270%	9.9780%	43.9020%	6.3750%	2.7692
Vjezbe <= 6	Izostanci predavanja > 5	22.7270%	9.7560%	42.9270%	6.1280%	2.6889
Vjezbe > 12	Kolokvirao = DA	16.1860%	16.1860%	100.0000%	7.3210%	1.8259
Vjezbe > 12	Bodovi > 72.3	16.1860%	9.3130%	57.5340%	6.0830%	2.8831
Potpis = NE	Kolokvirao = NE	22.1730%	22.1730%	100.0000%	12.1430%	2.2108
Potpis = NE	Bodovi <= 33	22.1730%	19.0690%	86.0000%	14.5210%	4.1931
Potpis = NE	Vjezbe <= 6	22.1730%	17.0730%	77.0000%	12.0340%	3.3880
Potpis = NE	K1 konacno <= 6.9	22.1730%	9.7560%	44.0000%	6.2410%	2.7754
Potpis = NE	Izostanci predavanja > 5	22.1730%	9.2020%	41.5000%	5.6620%	2.5995
Potpis = DA Kolokvirao = NE	33 < Bodovi <= 55.6	23.0600%	10.6430%	46.1540%	6.1180%	2.3520
Potpis = DA Kolokvirao = NE	7.5 < Vjezbe <= 10	23.0600%	9.7560%	42.3080%	4.8480%	1.9876
Potpis = DA K2 konacno <= 7.05	33 < Bodovi <= 55.6	15.4100%	8.3150%	53.9570%	5.2910%	2.7497
Potpis = DA K1 konacno > 11.9	Kolokvirao = DA	19.0690%	16.5190%	86.6280%	6.0750%	1.5818
Potpis = DA	Kolokvirao = DA	77.8270%	54.7670%	70.3700%	12.1430%	1.2849
Potpis = DA	2 < Ocjena <= 3	77.8270%	34.5900%	44.4440%	7.6700%	1.2849
Potpis = DA	10 < Vjezbe <= 12	77.8270%	28.4920%	36.6100%	6.3180%	1.2849
P1 > 12	Mentor = Zlatko Stapic	15.4100%	10.8650%	70.5040%	6.2350%	2.3467
P1 > 12	Bodovi > 72.3	15.4100%	8.2040%	53.2370%	5.1290%	2.6678
OP > 20	Kolokvirao = DA	18.9580%	15.4100%	81.2870%	5.0280%	1.4842

Slika 16: Tablični prikaz uvjetovanih atributa i povezanih podataka s platforme BigML

Zanimljivo je analizirati rezultate asocijacija po kojima je generirana tablica sa slika 15 i uočiti neke stvarne prepoznate asocijacije, primjerice da je manje od 6 bodova iz vježbi uvjet za potpis. Uočene su i neke druge asocijacije, pa tako studenti imaju 70% šanse iz prve provjere projekta imati više od 12 bodova (80%) ako ih provjerava profesor Zlatko Stapić, ili 86% kolokvirati ako nisu nekim uvjetom izgubili pravo na potpis, a imali su barem 11.9 bodova iz prvoga kolokvija. Ipak, zanimljivije je otkriti asocijacije koje nisu čvrsto definirane, kao one u primjeru na slici 17 (rezultati iste tablice s druge stranice).

Kolokvirao = NE Izostanci predavanja > 5	Vjezbe <= 6	81.4810%
Kolokvirao = NE Izostanci predavanja > 5	Potpis = NE	76.8520%
Kolokvirao = NE Izostanci predavanja > 5	Bodovi <= 33	74.0740%

Slika 17: Povezanost kolokviranja i izostanaka sa uspjehom i bodovima na kolegiju

Na slici 17 povezani su kolokviranje i izostanci s predavanja s bodovima i gubitkom potpisa, uz pripadajuće pouzdanosti asocijacija. Primjerice, netko tko nije kolokvirao, a ima više od 5 izostanaka, često ima manje od 6 bodova, ukupno manje od 33 boda, i izgubio je potpis. Pet izostanaka jest dovoljno za izgubiti potpis, ali ovdje je vidljiva poveznica kako studenti odustanu od vježbi kada imaju oko 33 boda. Stoga, nekome tko na pola semestra ima, recimo, 3 izostanka, ili manje od 6 bodova na labosima, treba poslati mail da je u velikoj opasnosti gubljenja potpisa. Tu bi trebalo daljnje istraživati bi li takvi mailovi uistinu motivirali studente da se „izvuku“ iz loše situacije ili bi svejedno odustali zbog privatnih razloga ili nedostatka motivacije.

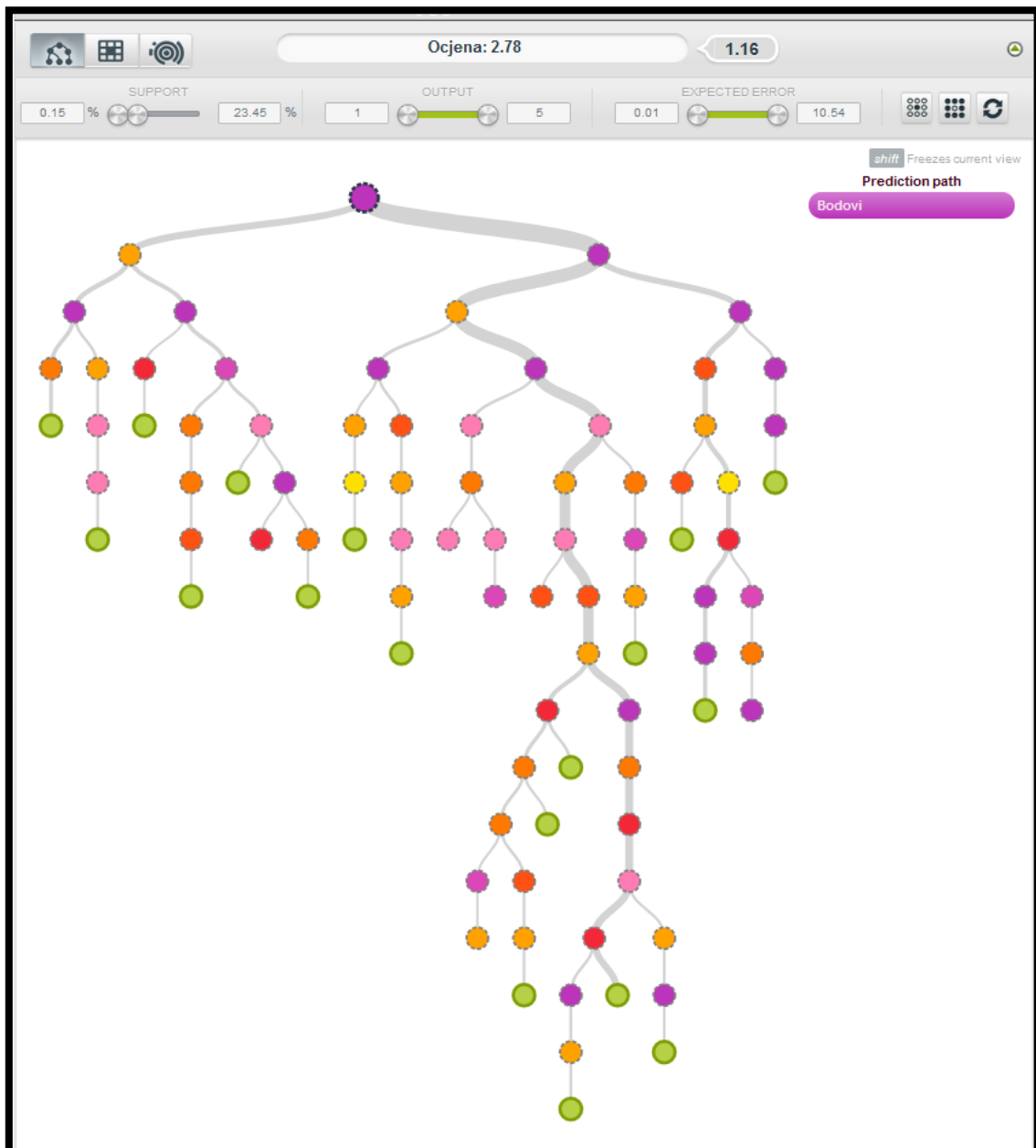
Slika 18 također pokazuje zanimljivu povezanost atributa, koja bi pak mogla poslužiti za motiviranje studenata da dolaze na predavanje.

Izostanci predavanja <= 0	K2 konacno > 15.35	54.2290%
---------------------------	--------------------	----------

Slika 18: Povezanost izostanaka s predavanja i bodova iz 2. kolokvija

Naime, slici 18 govori o tome da je za studente koji nisu izostajali s predavanja šansa da će dobiti više od 15 bodova (60%) iz drugog kolokvija veća od 50%. Zaključak je da umjetna inteligencija može motivirati studente, pa se ne treba ograničavati na upozorenja i administrativne poslove.

Nadgledani model na BigML-u omogućuje pregled atributa u obliku binarnog stabla. Ovdje je bitna razlika u odnosu na prethodni primjer jer se bazira na jednom ciljanom atributu. Slijedi nadgledani model za atribut „Ocjena“. Slika 19 u nastavku prikazuje kako izgleda nadgledani model u alatu BigML.

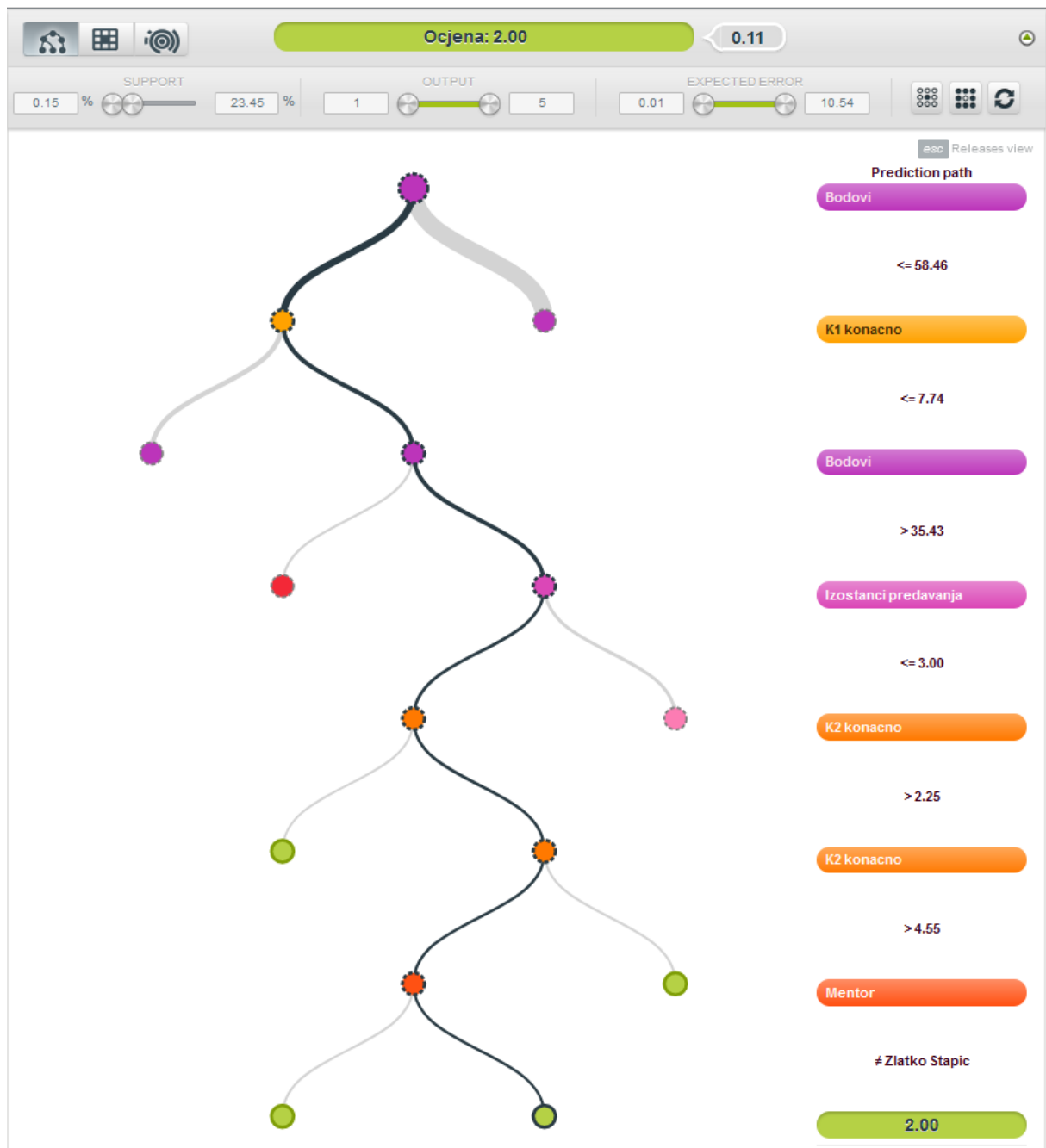


Slika 19: Pregled nadgledanog modela za atribut „Ocjena“

Iz tog pogleda sa slike 19 odmah je pri vrhu vidljivo da je prosječna ocjena 2.78. Bitno je naglasiti da ponavljači koji nisu ostvarili ocjenu u izvoru podataka imaju znakovni zapis „N/A“ kojega BigML ne razmatra za analizu.

Pritiskom gumba miša na neki od listova ovog binarnog stabla moguće je pogledati sve uvjete potrebne da se dođe do te pozicije. Na ovo se s programerske pozicije može gledati

kao na generirane if-selekcije koje određuju uvjete za ocjenu. Konkretni primjer dān je ispod na slici 20.

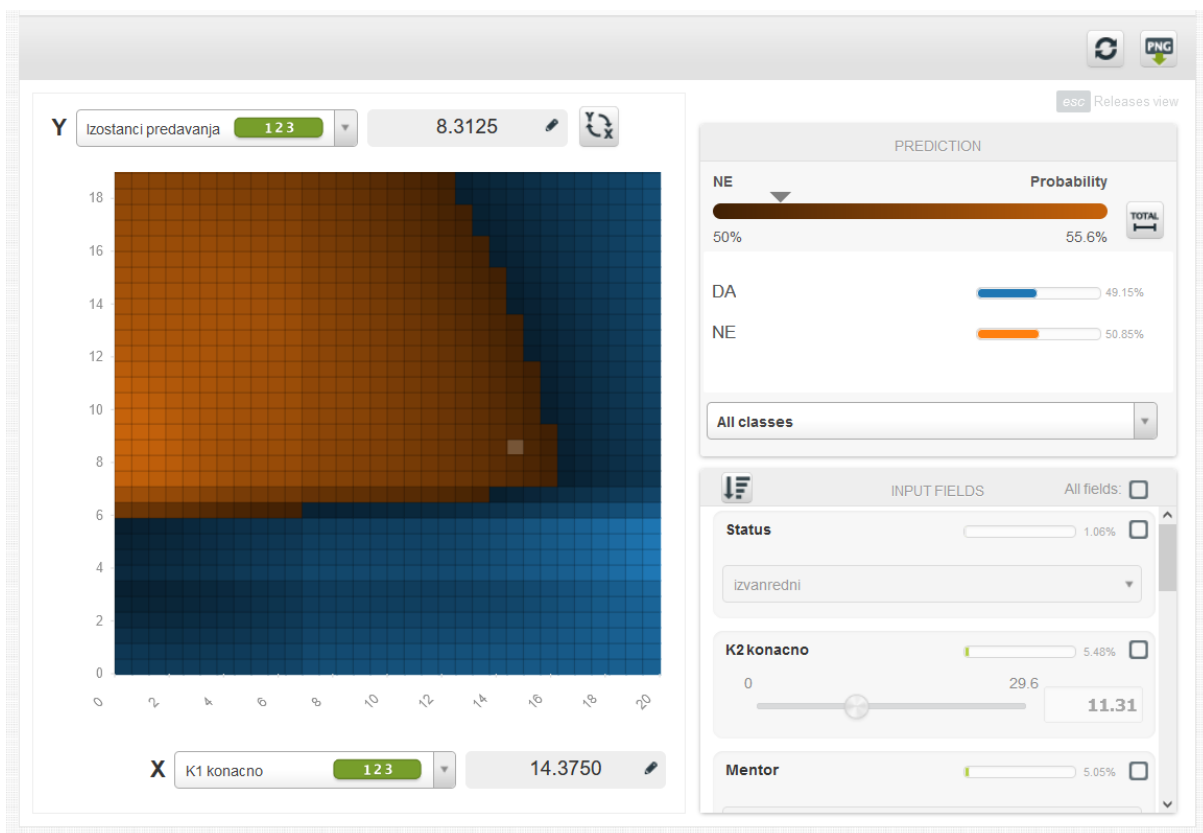


Slika 20: Prikaz jedne vrste uvjeta za ocjenu 2 na nadgledanom modelu

Tekstualni opis prikazanoga na slici 20 glasio bi ovako: ako student ima manje ili jednako od 58.46 bodova, a više od 35.43 bodova, pa zatim manje ili jednako od 7.74 bodova iz prvog kolokvija, 3 ili manje izostanaka s predavanja, više od 4.55 bodova na drugom kolokviju, a mentor nije Zlatko Stapić, tada je ocjena 2 s očekivanom pogreškom 0.11.

Takav opis omogućuje shvaćanje studentskog uspjeha na jednoj razini koja nije definirana službenim modelom praćenja. Pretpostavka koju bi daljnje trebalo istražiti jest da detaljnije proučavanje generiranih uvjeta za ocjene ili potpise može pridonijeti ažuriranju modela praćenja i lakšoj kontroli prolaznosti na kolegiju.

Nadgledana duboka mreža nad ovim skupom podataka omogućuje pregled kako dva kriterija u stvarnosti utječu na ostvarenje potpisa. Tako se može ostvariti mogućnost upozorenja studenata da ozbiljnije shvate kolegij (s obzirom na podatke prijašnjih generacija) ili se pak može upozoriti nastavnike da utječu na prolaznost (ako neki nastavnik utječe na nižu prolaznost).



Slika 21: Prikaz duboke mreže za atribut "Potpis" s obzirom na izostanke s predavanja i konačne bodove na prvom kolokviju

Ovaj pristup daje informaciju da iznad 5 izostanaka s predavanja gotovo sigurno rezultira gubitkom potpisa, a iznad 15 bodova „osigurava“ se potpis. Naravno, ovo nema veze s pravilima modela praćenja Programskog inženjerstva, ali zanimljivo je uočiti koje je poveznice umjetna inteligencija povezala.

Slika 22 u nastavku prikazuje rezultat dubokog učenja za attribute bodova s prve obrane projekta i bodova s vježbi.



Slika 22: Utjecaj prve obrane projekta i bodova iz vježbi na potpis

Moguće je uočiti i pozitivnu korelaciju između bodova na prvoj obrani i bodova na vježbama. Svakako, duboka mreža nudi mnogo detaljniji pregled odnosa i po tri atributa.

Ovo poglavlje prikazalo je kako se umjetna inteligencija može besplatno koristiti za upotrebu moćnog strojnog učenja radi generiranja prikaza s kojima se može poboljšati nastavni proces. Ovo poglavlje bavilo se podacima iz visokog školstva, ali naravno da bi se platforma BigML mogla na isti način upotrijebiti i u bilo kojem drugom dijelu školskog sustava.

6. Zaključak

Rad je odgovorio na pitanje kako i kojim tehnikama i tehnologijama umjetna inteligencija može pridonijeti obrazovanju obradivši tri istraživačka pitanja. Odgovorom na svako od tri pitanja definirani su pojmovi koji su u zadnjem dijelu rada korišteni u konkretnoj upotrebi umjetne inteligencije u obrazovanju.

U radu je prvo dâan detaljan tablični i tekstualni pregled korištene literature, uz meta-pregled literature o umjetnoj inteligenciji u obrazovanju. Cijeli pregled podijeljen je na dva manja pregleda koji su tematski vezani uz kasnije teme u radu. Ta dva pregleda označili su okvir rada u kojemu su traženi odgovori na istraživačka pitanja, a samim pregledima čitatelj je već uveden u domenu konteksta rada i prije razrade. Pregledima jest zaključeno da je tema umjetne inteligencije u obrazovanju veoma aktualna i popularnost joj itekako raste.

Zatim je obrađena tema rada kroz tri poglavlja, od kojih se svako vezalo na zasebno istraživačko pitanje. Prvo od tih poglavlja fokusiralo se na koristi umjetne inteligencije u obrazovanju. Zaključak tog poglavlja bio je da je potencijal umjetne inteligencije ogroman te da umjetna inteligencija nudi mnoštvo toga u obrazovanju. Drugo poglavlje rezultata rada obuhvatilo je tehnike i tehnologije umjetne inteligencije te potencijalne primjene u obrazovanju. Treće poglavlje rezultata definiralo je neke od tehnoloških stogova koje je moguće primijeniti u svrhu uvođenja umjetne inteligencije u obrazovanje.

Nakon teorijske obrade, dâan je primjer obrade više od 900 stvarnih podataka anonimiziranih studenata s kolegija Programsko inženjerstvo na platformi za strojno učenje BigML. Obrada je obavljena strojnim učenjem, odnosno korištenjem umjetne inteligencije, a rezultirala je zanimljivim poveznicama između različitih atributa izvora podataka. Primjerice, otkriveno je da izostajanje s predavanja negativno utječe na bodove iz drugog kolokvija, a i koji su neki od kriterija za ocjenu 2.

Brojne su mogućnosti budućih istraživanja na ovu temu. Autori predlažu daljnji razvoj modela predikcije konačnog uspjeha studenata temeljem različitih atributa dostupnih uobičajenim praćenjem rada studenata kroz semestar, uključujući promatranje načina grupiranja studenata u timove ili uspjeha koji postižu na tjednoj razini na vježbama. Dodatno, kako je prikazano u odgovorima na istraživačka pitanja, postoje različiti tehnološki stogovi koji pokazuju moguće načine integracije tehnologija umjetne inteligencije u konačna rješenja koja na različite načine mogu pomoći poboljšanju nastavnog procesa i/ili postizanju ishoda učenja.

Ovo istraživanje ima i određena ograničenja kojih su autori bili svjesni pri pisanju ovoga rada. Između ostalog, meta-pregled literature kao i analiza literature u kontekstu pronalaska tehnologija koje se mogu primijeniti u nastavi se moglo provesti primjenom sistematskog

pregleda literature, primjenom studije sistematskog mapiranja, integrativnog pregleda literature ili druge metodike za analizu literature. Dodatno, sve navedene integracije tehnologija se moglo prototipirati kroz jednostavnije ili složenije studije slučajeva, ali zbog nedostatka vremena i drugih studentskih obveza u ovom istraživanju to nije bilo moguće.

Istraživanje kojim se ovaj rad bavio baziralo se na pitanju „Kako se umjetna inteligencija može koristiti u nastavi?“ Pitanje je odgovoreno, a odgovor je – na različite načine, s različitim koristima. Tema je veoma aktualna, a za očekivati je u budućnosti da će umjetna inteligencija biti sveprisutna u sustavu obrazovanja. Time će se podići kvaliteta obrazovanja na razinu koja je trenutno gotovo nezamisliva.

Popis literature

- [1] X. Zhai *et al.*, “A Review of Artificial Intelligence (AI) in Education from 2010 to 2020,” *Complexity*, vol. 2021, p. 8812542, Apr. 2021, doi: 10.1155/2021/8812542.
- [2] L. Chen, P. Chen, and Z. Lin, “Artificial Intelligence in Education: A Review,” *Ieee Access*, vol. 8, pp. 75264–75278, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2988510.
- [3] Y. Ocana-Fernandez, L. Alex Valenzuela-Fernandez, and L. Lourdes Garro-Aburto, “Artificial Intelligence and its Implications in Higher Education,” *Propos. Represent.*, vol. 7, no. 2, pp. 553–568, Aug. 2019, doi: 10.20511/pyr2019.v7n2.274.
- [4] A. Aljarrah, M. Ababneh, D. Karagozlu, and F. Ozdamli, “Artificial Intelligence Techniques for Distance Education: A Systematic Literature Review,” *Tem J.-Technol. Educ. Manag. Inform.*, vol. 10, no. 4, pp. 1621–1629, Nov. 2021, doi: 10.18421/TEM104-18.
- [5] S. Z. Salas-Pilco and Y. Yang, “Artificial intelligence applications in Latin American higher education: a systematic review,” *Int. J. Educ. Technol. High. Educ.*, vol. 19, no. 1, p. 21, Apr. 2022, doi: 10.1186/s41239-022-00326-w.
- [6] S. T. H. Pham and P. M. Sampson, “The development of artificial intelligence in education: A review in context,” *J. Comput. Assist. Learn.*, doi: 10.1111/jcal.12687.
- [7] H. Luan *et al.*, “Challenges and Future Directions of Big Data and Artificial Intelligence in Education,” *Front. Psychol.*, vol. 11, p. 580820, Oct. 2020, doi: 10.3389/fpsyg.2020.580820.
- [8] H. Munir, B. Vogel, and A. Jacobsson, “Artificial Intelligence and Machine Learning Approaches in Digital Education: A Systematic Revision,” *Information*, vol. 13, no. 4, p. 203, Apr. 2022, doi: 10.3390/info13040203.
- [9] F. A. Incio Flores, D. L. Capunay Sanchez, R. O. Estela Urbina, M. A. Valles Coral, S. E. Vergara Medrano, and D. G. Elera Gonzales, “Artificial intelligence in education: a review of the literature in international scientific journals,” *Apunt. Univ.*, vol. 12, no. 1, pp. 353–372, Mar. 2022, doi: 10.17162/au.v12i1.974.
- [10] B. K. Prahani, I. A. Rizki, B. Jatmiko, N. Suprpto, and T. Amelia, “Artificial Intelligence in Education Research During the Last Ten Years: A Review and Bibliometric Study,” *Int. J. Emerg. Technol. Learn.*, vol. 17, no. 8, pp. 169–188, 2022, doi: 10.3991/ijet.v17i08.29833.

- [11] O. Zawacki-Richter, V. I. Marin, M. Bond, and F. Gouverneur, "Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education - where are the educators?," *Int. J. Educ. Technol. High. Educ.*, vol. 16, no. 1, p. 39, Oct. 2019, doi: 10.1186/s41239-019-0171-0.
- [12] H. Yu and S. Nazir, "Role of 5G and Artificial Intelligence for Research and Transformation of English Situational Teaching in Higher Studies," *Mob. Inf. Syst.*, vol. 2021, p. 3773414, Nov. 2021, doi: 10.1155/2021/3773414.
- [13] F. Ouyang, L. Zheng, and P. Jiao, "Artificial intelligence in online higher education: A systematic review of empirical research from 2011 to 2020," *Educ. Inf. Technol.*, doi: 10.1007/s10639-022-10925-9.
- [14] G.-J. Hwang and Y.-F. Tu, "Roles and Research Trends of Artificial Intelligence in Mathematics Education: A Bibliometric Mapping Analysis and Systematic Review," *Mathematics*, vol. 9, no. 6, p. 584, Mar. 2021, doi: 10.3390/math9060584.
- [15] E. Hannan and S. Liu, "AI: new source of competitiveness in higher education," *Compet. Rev.*, doi: 10.1108/CR-03-2021-0045.
- [16] J.-C. Liang, G.-J. Hwang, M.-R. A. Chen, and D. Darmawansah, "Roles and research foci of artificial intelligence in language education: an integrated bibliographic analysis and systematic review approach," *Interact. Learn. Environ.*, doi: 10.1080/10494820.2021.1958348.
- [17] B. Rienties, H. Kohler Simonsen, and C. Herodotou, "Defining the Boundaries Between Artificial Intelligence in Education, Computer-Supported Collaborative Learning, Educational Data Mining, and Learning Analytics: A Need for Coherence," *Front. Educ.*, vol. 5, p. 128, Jul. 2020, doi: 10.3389/educ.2020.00128.
- [18] B. Bloom, "The 2 Sigma Problem: The Search for Methods of Group Instruction as Effective as One-to-One Tutoring," p. 14, 1984.
- [19] J. R. Carbonell, "AI in CAI: An Artificial-Intelligence Approach to," p. 13, 1970.
- [20] "Intelligent tutoring systems: an overview," p. 27, 1990.
- [21] A. Alkhatlan and J. Kalita, "Intelligent Tutoring Systems: A Comprehensive Historical Survey with Recent Developments." arXiv, Dec. 22, 2018. Accessed: Jun. 25, 2022. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1812.09628>
- [22] C. Frasson and P. Chalfoun, "Managing Learner's Affective States in Intelligent Tutoring Systems," in *Advances in Intelligent Tutoring Systems*, vol. 308, R. Nkambou, J. Bourdeau, and R. Mizoguchi, Eds. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2010, pp. 339–358. doi: 10.1007/978-3-642-14363-2_17.
- [23] K. Holstein, B. M. McLaren, and V. Alevan, "Student Learning Benefits of a Mixed-Reality Teacher Awareness Tool in AI-Enhanced Classrooms," in *Artificial Intelligence in Education*, vol. 10947, C. Penstein Rosé, R. Martínez-Maldonado, H. U. Hoppe, R. Luckin, M. Mavrikis, K. Porayska-Pomsta, B. McLaren, and B. du Boulay, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2018, pp. 154–168. doi: 10.1007/978-3-319-93843-1_12.
- [24] A. C. Graesser, H. Li, and C. Forsyth, "Learning by Communicating in Natural Language With Conversational Agents," *Curr. Dir. Psychol. Sci.*, vol. 23, no. 5, pp. 374–380, Oct. 2014, doi: 10.1177/0963721414540680.
- [25] A. C. Graesser *et al.*, "AutoTutor: A tutor with dialogue in natural language," *Behav. Res. Methods Instrum. Comput.*, vol. 36, no. 2, pp. 180–192, May 2004, doi: 10.3758/BF03195563.
- [26] M. Chang *et al.*, "Dialogue-based tutoring at scale: Design and Challenges," p. 6, 2016.
- [27] M. Mavrikis, E. Geraniou, S. Gutierrez Santos, and A. Poulouvasilis, "Intelligent analysis and data visualisation for teacher assistance tools: The case of exploratory

- learning,” *Br. J. Educ. Technol.*, vol. 50, no. 6, pp. 2920–2942, Nov. 2019, doi: 10.1111/bjet.12876.
- [28] P. A. Kirschner, J. Sweller, and R. E. Clark, “Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching,” *Educ. Psychol.*, vol. 41, no. 2, pp. 75–86, Jun. 2006, doi: 10.1207/s15326985ep4102_1.
- [29] A. W. L. Koh, S. C. Lee, and S. W. H. Lim, “The learning benefits of teaching: A retrieval practice hypothesis,” *Appl. Cogn. Psychol.*, vol. 32, no. 3, pp. 401–410, May 2018, doi: 10.1002/acp.3410.
- [30] C. C. Chase, D. B. Chin, M. A. Oppezzo, and D. L. Schwartz, “Teachable Agents and the Protégé Effect: Increasing the Effort Towards Learning,” *J. Sci. Educ. Technol.*, vol. 18, no. 4, pp. 334–352, Aug. 2009, doi: 10.1007/s10956-009-9180-4.
- [31] K. Leelawong and G. Biswas, “Designing Learning by Teaching Agents The Betty’s Brain System,” p. 31.
- [32] R. Kasepalu, L. P. Prieto, T. Ley, and P. Chejara, “Teacher Artificial Intelligence-Supported Pedagogical Actions in Collaborative Learning Coregulation: A Wizard-of-Oz Study,” *Front. Educ.*, vol. 7, p. 736194, Feb. 2022, doi: 10.3389/educ.2022.736194.
- [33] M. M. Najafabadi, F. Villanustre, T. M. Khoshgoftaar, N. Seliya, R. Wald, and E. Muharemagic, “Deep learning applications and challenges in big data analytics,” *J. Big Data*, vol. 2, no. 1, p. 1, Dec. 2015, doi: 10.1186/s40537-014-0007-7.
- [34] J. Prpić, A. Taeihagh, and J. Melton, “The Fundamentals of Policy Crowdsourcing,” p. 29, 2015.
- [35] Y. Wang, “Big Opportunities and Big Concerns of Big Data in Education,” *TechTrends*, vol. 60, no. 4, pp. 381–384, Jul. 2016, doi: 10.1007/s11528-016-0072-1.
- [36] P. M. Regan and J. Jesse, “Ethical challenges of edtech, big data and personalized learning: twenty-first century student sorting and tracking,” *Ethics Inf. Technol.*, vol. 21, no. 3, pp. 167–179, Sep. 2019, doi: 10.1007/s10676-018-9492-2.
- [37] N. Hockly, “Automated writing evaluation,” *ELT J.*, vol. 73, no. 1, pp. 82–88, Jan. 2019, doi: 10.1093/elt/ccy044.
- [38] N. Elliot, A. R. Gere, G. Gibson, C. Toth, C. Whithaus, and A. Presswood, “Uses and Limitations of Automated Writing Evaluation Software,” p. 26, 2013.
- [39] C. A. Chapelle and E. Voss, “Utilizing Technology in Language Assessment,” in *Language Testing and Assessment*, E. Shohamy, I. G. Or, and S. May, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2017, pp. 149–161. doi: 10.1007/978-3-319-02261-1_10.
- [40] M. Warschauer and D. Grimes, “Automated Writing Assessment in the Classroom,” *Pedagog. Int. J.*, vol. 3, no. 1, pp. 22–36, Jan. 2008, doi: 10.1080/15544800701771580.
- [41] L. Perelman, “The BABEL Generator and E-Rater: 21st Century Writing Constructs and Automated Essay Scoring (AES).” *Journal of Writing Assessment*, 2020. [Online]. Available: <https://escholarship.org/uc/item/263565cq>
- [42] C. Nicholson, “A Beginner’s Guide to Deep Reinforcement Learning.” *Pathmind*, 2020. [Online]. Available: <https://wiki.pathmind.com/deep-reinforcement-learning>
- [43] F. Miao, W. Holmes, R. Huang, H. Zhang, and Unesco, *AI and education: Guidance for policymakers*. 2021.
- [44] V. J. Shute, “A comparison of learning environments: All that glitters,” in *Computers as cognitive tools.*, Hillsdale, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates, Inc, 1993, pp. 47–73.
- [45] C. Romero and S. Ventura, “Data Mining in Education,” *Wiley Interdiscip. Rev. Data Min. Knowl. Discov.*, vol. 3, Jan. 2013, doi: 10.1002/widm.1075.

- [46] J. A. Johnson, "The Ethics of Big Data in Higher Education," *Int. Rev. Inf. Ethics*, vol. 21, pp. 3–10, Jul. 2014, doi: 10.29173/irrie365.
- [47] "Feathers, T. 2019. Flawed Algorithms Are Grading Millions of Students' Essays. Vic."
- [48] M. Gelenčir, "Čak 19% učenika palo je obvezni dio mature: Ukupno 52 jedinicu dobilo zbog nedozvoljenog ponašanja," Jul. 21, 2021. [Online]. Available: <https://www.srednja.hr/matura/cak-19-ucenika-palo-je-obvezni-dio-mature-ukupno-52-jedinicu-dobilo-zbog-nedozvoljenog-ponasanja/>
- [49] Z. Babar, A. Lapouchnian, and E. Yu, "Chatbot Design - Reasoning about design options using i* and process architecture," p. 6.
- [50] G. Molnar and Z. Szuts, "The Role of Chatbots in Formal Education," in *2018 IEEE 16th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY)*, Subotica, Sep. 2018, pp. 000197–000202. doi: 10.1109/SISY.2018.8524609.
- [51] L. Fainchtein, "Generative vs Retrieval Based Chatbots: A Quick Guide," Jun. 28, 2020. <https://blog.cloudboost.io/generative-vs-retrieval-based-chatbots-a-quick-guide-8d19edb1d645> (accessed Jun. 30, 2022).
- [52] R. Lasse, "How AI and Data Could Personalize Higher Education," *How AI and Data Could Personalize Higher Education*, Oct. 14, 2019. <https://hbr.org/2019/10/how-ai-and-data-could-personalize-higher-education>
- [53] H. F. Sayama, A. V. de Araujo, and E. R. Fernandes, "FaQuAD: Reading Comprehension Dataset in the Domain of Brazilian Higher Education," in *2019 8th Brazilian Conference on Intelligent Systems (BRACIS)*, Salvador, Brazil, Oct. 2019, pp. 443–448. doi: 10.1109/BRACIS.2019.00084.
- [54] D. Visbal-Cadavid, A. M. Mendoza, and I. Q. Hoyos, "PREDICTION OF EFFICIENCY IN COLOMBIAN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS WITH DATA ENVELOPMENT ANALYSIS AND NEURAL NETWORKS," *Pesqui. Oper.*, vol. 39, no. 2, pp. 261–275, Aug. 2019, doi: 10.1590/0101-7438.2019.039.02.0261.
- [55] J. Cordero, A. Toledo, F. Guaman, and L. Barba-Guaman, "Use of chatbots for user service in higher education institutions," in *2020 15th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, Sevilla, Spain, Jun. 2020, pp. 1–6. doi: 10.23919/CISTI49556.2020.9141108.
- [56] "Features | BigML.com," *BigML.com - Machine Learning made easy*. <https://bigml.com/features#platform> (accessed Jun. 30, 2022).
- [57] G. S. Panwar, "Best Machine Learning as a Service Platforms (MLaaS) That You Want to Check as a Data Scientist," *neptune.ai*, Nov. 13, 2020. <https://neptune.ai/blog/best-machine-learning-as-a-service-platforms-mlaas> (accessed Jun. 30, 2022).
- [58] "Pricing | BigML.com," *BigML.com - Machine Learning made easy*. <https://bigml.com/pricing> (accessed Jun. 30, 2022).

Popis slika

Slika 1: Definicija pretrage baze radova	6
Slika 2: Prikaz tema radova, prerada autora prema Web of Science	7
Slika 3: Broj pregledanih radova po razini obrazovanja, prema [1]	10
Slika 4: Broj pregledanih radova po područjima, prema [1].....	10
Slika 5: Radovi na Web of Science i na Google Scholaru s ključnim riječima „AI“ i „Education“ u proteklih 12 godina, prema [2]	11
Slika 6: Usporedba tehnika klasičnog strojnog učenja, prema [38].....	32
Slika 7: Usporedba klasičnih i mreža za duboko učenje, prerada prema [21]	33
Slika 8: Domena ITS-a, prema [20]	35
Slika 9: Sučelje AutoTutora prilikom učenja, izvor: [25].....	38
Slika 10: Proces inteligentne podrške u ELE-ovima, prema [41]	39
Slika 11: Vrste velikih podataka u edukacijskoj sferi, prema [49]	42
Slika 12: Stog korišten za izradu Python baziranog modela u [53]	47
Slika 13: Stog korišten za izradu modela u [54]	47
Slika 14: Stog korišten za izradu aplikacije u [55].....	48
Slika 15: BigML Stog za besplatno korištenje strojnog učenja	49
Slika 16: Tablični prikaz uvjetovanih atributa i povezanih podataka s platforme BigML	52
Slika 17: Povezanost kolokviranja i izostanaka sa uspjehom i bodovima na kolegiju	53
Slika 18: Povezanost izostanaka s predavanja i bodova iz 2. kolokvija.....	53
Slika 19: Pregled nadgledanog modela za atribut „Ocjena“	54
Slika 20: Prikaz jedne vrste uvjeta za ocjenu 2 na nadgledanom modelu.....	55
Slika 21: Prikaz duboke mreže za atribut "Potpis" s obzirom na izostanke s predavanja i konačne bodove na prvom kolokviju	56
Slika 22: Utjecaj prve obrane projekta i bodova iz vježbi na potpis	57

Popis tablica

Tablica 1: Broj identificiranih radova po godinama	7
Tablica 2: Identificirani radovi po rednim brojevima	8
Tablica 3: Odabrani relevantni identificirani radovi po relevantnosti	19
Tablica 4: Pregled analiziranih radova	21
Tablica 5: Prikaz mogućih korištenja umjetne inteligencije u sektoru obrazovanja	29
Tablica 6: Pregled AI tehnologija i primjera stvarnih proizvoda	33
Tablica 7: Primjeri scenarija primjere i povezane AI tehnike	46
Tablica 8: Konačan skup atributa podataka	51