



Co-funded by  
the European Union

FAAI:

Budućnost je u Primijenjenoj Vještačkoj Inteligenciji  
Erasmus+ project 2022-1-PL01-KA220-HED-000088359

01.09.2022 – 31.08.2024

## A3.3 Zahtjevi za Učenje Vještačke Inteligencije: RP3





**Co-funded by  
the European Union**

Izrada ovog dokumenta je bila moguća zahvaljujući podršci ERASMUS+ projekta: Budućnost je u Primijenjenoj Vještačkoj Inteligenciji (2022-1-PL01-KA220-HED-000088359)

Finansiran od strane Evropske unije. Stavovi i mišljenja iznijeti u ovom dokumentu su autorovi i ne odražavaju nužno stavove Evropske unije ili Nacionalne agencije (NA). Ni Evropska unija ni NA ne mogu biti odgovorni za njih.



**Datum**

21.05.2023

**Mjesta razvoja rezultata:**

Univerzitet Bielsko-Bjala, Bjelsko-Bjala, Poljske,

Univerzitet za bibliotekarske studije i informacione tehnologije, Sofija, Bugarska

Univerzitet u Nišu, Niš, Srbija

Univerzitet Sv. Ćirila i Metodija, Trnava, Slovačka

Univerzitet Crne Gore, Podgorica, Crna Gora

**Rezime:** Konzorcijum projekta Budućnost je u Primijenjenoj Vještačkoj Inteligenciji osmislio je prvi nastavni plan i program primijenjene vještačke inteligencije zasnovan na kompetencijama na nivou visokoškolskih ustanova. Razvoj se zasnivao na naprednom sistematičnom istraživanju postojećih resursa vezanih za vještačku inteligenciju i anketiranju ciljnih grupa nastavnika, studenata informacionih tehnologija i poslodavaca koji bi trebalo da poboljšaju učinak implementacije obrazovanja o vještačkoj inteligenciji. Pripremljen je pregled primijenjene vještačke inteligencije u vidu klasterisanja ključnih reči. Početni podaci prikupljeni su pomoću anketiranja, prikupljanja ponuda za posao, postojećih kurseva za obuku vještačke inteligencije, naučnih i realnih projekata. Sintetička analiza tekstualnih informacija iz studije rađena je tehnikom oblaka reči. Za prezentaciju kursa zasnovanog na kompetencijama korišćen je tenzorski pristup. Specifični numerički zahtjevi za predmet u vidu prioriteta proizilaze iz rješavanja problema odlučivanja tehnikom procesa analitičke hijerarhije. Na osnovu sveobuhvatnog proučavanja anketa, obrazovnog iskustva, naučnih projekata i poslovnih zahtjeva, meta-analize skorašnjih referenci, precizirali smo kriterijume za kurs u vidu tenzorske reprezentacije kompetencija u odnosu na sadržajne i obrazovne module.

**Ključne riječi:** Analitički hijerarhijski proces, primijenjena vještačka inteligencija, nastavni plan i program zasnovan na kompetencijama, tenzorski pristup, oblaci reči.

## I. UVOD

Za uspješnu primjenu vještačke inteligencije (AI) u stvarnom svijetu potreban je sveobuhvatan pristup, uključujući robusno prikupljanje i prethodnu obradu podataka, efikasan dizajn algoritama i obuku, etička razmatranja, kontinuiranu evaluaciju i poboljšanje, interdisciplinarnu saradnju i pažljiva integracija u postojeće sisteme i tokove rada. Inovativni kursevi obuke igraju ključnu ulogu u uspješnoj implementaciji AI modela u stvarnom svetu tako što učenicima daju praktično znanje, praktično iskustvo i sposobnost da se snalaze u složenim izazovima, čime se omogućava efikasan razvoj i primenu AI modela, i prilagođavanje scenarijima iz stvarnog sveta.

Opšti zahtjevi za efikasan kurs obuke o vještačkoj inteligenciji uključuju sveobuhvatan nastavni plan i program koji pokriva fundamentalne koncepte vještačke inteligencije, praktične vježbe i projekte, studije slučaja iz stvarnog svijeta, pristup relevantnim skupovima podataka i alatima, iskusne instruktore i fokus na etička razmatranja i industrijske primjene.

Cilj rada je razvoj sveobuhvatnog pristupa za dizajniranje kursa za obuku o primijenjenoj vještačkoj inteligenciji (AAI), koji je zasnovan na sistematičnom istraživanju poslovnih zahtjeva i koji odgovara principu obrazovanja zasnovanog na kompetencijama i inovativnoj pedagogiji.

### *PROJEKAT FAAI*

Navedeni rad je realizovan je u okviru Erasmus+ projekta 2022-1-PL01-KA220-HED-000088359 pod nazivom „Budućnost je u Primijenjenoj Vještačkoj Inteligenciji“ (FAAI) od strane konzorcijuma koji uključuje Univerzitet u Bielsko-Bjala (Poljska), Univerzitet bibliotekarstva i informacionih tehnologija (Bugarska), Univerzitet Svetog Ćirila i Metodija u Trnavi (Slovačka), Univerzitet u Nišu (Srbija), Univerzitet Crne Gore (Crna Gora), a podržan je od Evropske unije. Projekat ima za cilj da okupi univerzitete i preduzeća kako bi se obezbijedila inovativna rješenja za



Co-funded by  
the European Union

stvaranje stručnjaka za vještačku inteligenciju [1].

Termin AAI se odnosi na praktičnu primjenu i korišćenje AI tehnika i tehnologija za rješavanje problema u stvarnom svijetu i postizanje specifičnih ciljeva u različitim domenima. Postalo je široko prihvaćen i korišćen u zajednici i industriji da bi se razlikovala praktična primena AI od teorijskih istraživanja i razvoja. Termin stavlja naglasak na korišćenju vještačke inteligencije u praktičnim okruženjima i iskorišćenju njenih sposobnosti za rješavanje specifičnih izazova i postizanje opipljivih rezultata.

Jedan od ciljeva projekta je bavljenje dizajniranjem kursa za obuku o AAI-u koji odražava stvarne potrebe i treba da bude zasnovan na kompetencijama. Tokom cijelog projekta sprovedeno je sistematično istraživanje koje se zasnivalo na proučavanju postojećih AI kurseva, naučnih projekata, stvarnih slučajeva, tržišta rada AI, IT studenata, predavača i poslodavaca.

#### A. POVEZANI RADOVI O AAI

Prilikom pripreme pregleda srodnih radova odabrali smo 10.000 referenci iz WoS biblioteke kao rezultat upita „applied artificial intelligence“. Uz pomoć CiteSpace-a [2] dobijeni skup radova podijeljen je na 12 najznačajnijih klastera s obzirom na ključne reči kao što je prikazano na Slici 1.

Na listi dobijenih ključnih reči nalaze se „vještačka neuronska mreža“, „vještačka inteligencija“, „duboko učenje“, „rak pluća“, „objašnjiva vještačka inteligencija“, „pacijent sa COVID-19“, „IoT uređaj“, „učenje uz podršku“, „otkriće lijeka“, „bežična komunikacija“, „vodeni rastvor“, koje pokazuju najznačajnije AI modele, kao i aplikacije. Najcitiraniji radovi u klasterima su [3] (klaster #0) koji se odnosi na rješenja vještačke inteligencije za patologije štitaste žlezde, [4] (klasteri #1, #3, #4, #5) koji se odnosi na preslikavanje odluke modela u kontekst koji čovjek može lako da protumači (objašnjiva AI), [5] (klaster #2) [6] (klaster #6) o AI/ML tehnici za epidemiju COVID-19, [7] (klaster #7) posvećen AI i DL tehnologiji koja olakšava analizu podataka iz IoT sistema, [8] (klaster #8) o primjeni učenja uz podršku u različitim oblastima, [9] (klaster #9) o primjeni AI za otkrivanje lijekova, [10] (klaster # 10) o mrežnoj komunikaciji zasnovanoj na AI, [11] (klaster #11) o AI za ekološke studije.

Istaknuti radovi u ovoj analizi odnose se na dobru praksu i stvarne slučajeve; oni su navedeni u nastavku:

- [12] uveo terminologiju „dubokog učenja“
- [13] stavio na raspolaganje dva ConvNet modela sa najboljim učinkom za dalja istraživanja dubokih vizuelnih reprezentacija u kompjuterskoj viziji
- [14] o ljudskoj kontroli kroz duboko učenje uz podršku
- [15] je udžbenik za duboko učenje namijenjen da pomogne studentima i praktičarima da uđu u polje mašinskog učenja i posebno dubokog učenja
- [14] uveo je novi trend za učenje složenih motiva koristeći velike skupove

podataka. Posmatrane duboke vještačke neuronske mreže koriste više slojeva za otkrivanje obrazaca (kompleksnijih sa svakim slojem) i strukture velikih skupova podataka. Pristup se može koristiti za DNK, RNK i primenu u medicini.

- [16] pregledani rad o dubokom nadgledano učenju, učenju bez nadzora, učenje sa podrškom i evoluciono računarstvo.
- [17] predstavio ImageNet, referentni skup za klasifikaciju i detekciju kategorija objekata
- [18] predstavio obuku velike, duboke konvolucione neuronske mreže za klasifikaciju 1,2 miliona slika visoke rezolucije u takmičenju ImageNet LSVRC-2010 u 1000 različitih klasa.
- [19] predstavio je novi pristup kompjuterskom Go-u koji koristi duboke neuronske mreže obučene novom kombinacijom nadgledanog učenja iz ljudskih primjera i učenja uz podršku iz igara koje se igraju samostalno.

## II. POZADINA STUDIJE

### A. OBRAZOVANJE ZASNOVANO NA KOMPETENCIJAMA

Obrazovanje zasnovano na kompetencijama (CBE) dobija na zamahu kao obrazovni pristup koji se fokusira na razvoj specifičnih vještina i sposobnosti, a ne samo na sticanju znanja. CBE ima za cilj da pripremi studente za izazove u stvarnom svijetu pružajući im neophodne kompetencije da uspiju u svojim izabranim oblastima. Ispod su neke ključne karakteristike i elementi koji se obično povezuju sa najsavremenijim obrazovanjem zasnovanim na kompetencijama, sa fokusom na IT obrazovanje.

CBE se oslanja na jasno definisane okvire kompetencija koji ocrtavaju specifične vještine i znanja koja učenici treba da steknu. Ovi okviri obično razlažu kompetencije na mjerljive ishode učenja [20].

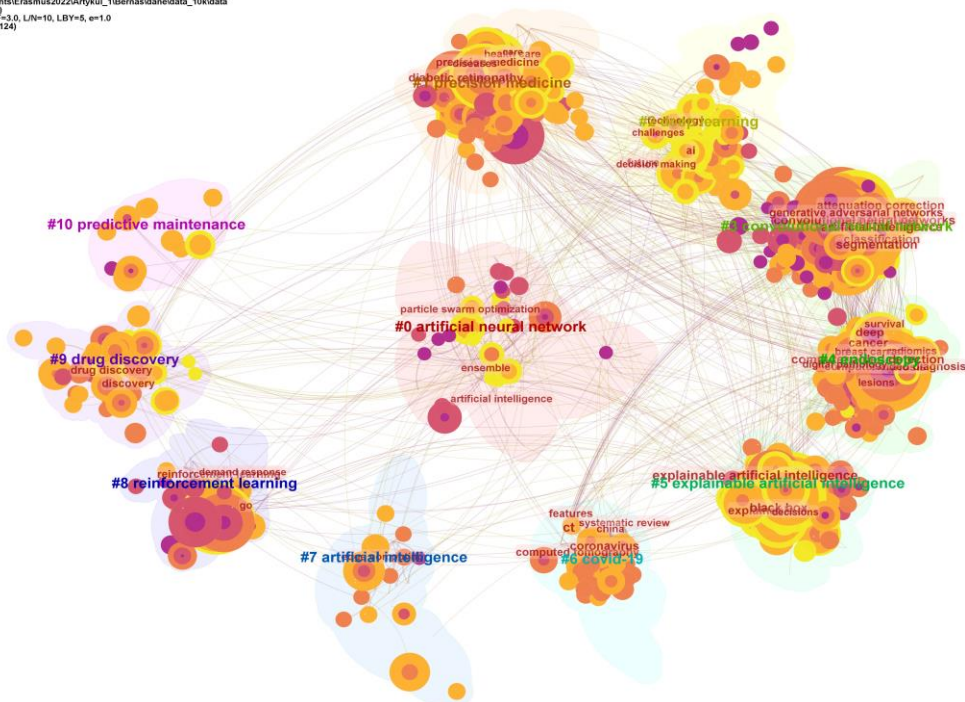
CBE često promoviše personalizovana iskustva učenja prilagođena individualnim potrebama i interesovanjima učenika. Omogućava učenicima da napreduju sopstvenim tempom i pruža fleksibilnost u pogledu sadržaja, aktivnosti učenja i metoda ocjenjivanja [21].

U CBE, ocjenjivanje se fokusira na demonstrirane kompetencije učenika, umjesto na tradicionalne ispite ili standardizovane testove. Autentično ocjenjivanje [22] može uključivati projekte, portfolije, prezentacije, simulacije ili zadatke iz stvarnog svijeta koji pokazuju sposobnosti učenika u kontekstu stvarnog života.



Co-funded by  
the European Union

CiteSpace, v. 5.2.R4 (64 bit) Advanced  
July 2, 2023 at 4:06:53 PM CEST  
Web: C:\Users\AMC\OneDrive\Documents\Erasmus2022\Artykul\_11\Bemasidane\data\_10k\data  
Timespan: 2019-2023 (Slice Length=1)  
Selection Criteria: q = mids (k=25), LRF=1.0, L/N=10, LBY=5, w=1.0  
Network: N=956, E=5641 (Density=0.0124)  
Largest CC: 932 (97%)  
Nodes Labeled: 1.0%  
Pruning: None  
Modularity Q=0.82  
Weighted Mean Silhouette S=0.8156  
Harmonic Mean(Q, S)=0.7645



CiteSpace

**SLIKA 1.** Prikaz klastera za WoS publikacije tokom posljednjih 10 godina kao odgovor na upit u vezi sa primijenjenom vještačkom inteligencijom

Nastava je uključena u CBE zbog razvoja i jačanja identifikovanih kompetencija. Često uključuje aktivne i iskustvene metode učenja, kao što su učenje zasnovano na projektima, aktivnosti u rješavanju problema, kolaborativni rad i praktična iskustva [23].

Najsavremenije CBE često koristi integraciju tehnologije kako bi poboljšalo iskustvo učenja. Ovo može uključivati korišćenje onlajn platformi, adaptivnih sistema za učenje, obrazovnih aplikacija, alata virtuelne realnosti (VR) i proširene realnosti (AR), koji mogu da pruže personalizovane povratne informacije, simulacije i interaktivni sadržaj [24].

CBE se zalaže za priznavanje i dodelu akreditiva na osnovu dokazanih kompetencija [25]. Ovo može uključivati izdavanje digitalnih bedževa, sertifikata ili čak diploma koje ističu specifične vještine i sposobnosti koje su stekli učenici.

CBE se proteže izvan okvira formalnog obrazovanja i naglašava važnost doživotnog učenja i stalnog profesionalnog razvoja [26]. Cilj mu je da podstakne način

razmišljanja o stalnom poboljšanju i prilagodljivosti kako bi se zadovoljili rastući zahtjevi za radnom snagom.

## B. IT OBRAZOVANJE

Najsavremenije informatičko obrazovanje obuhvatilo je nekoliko ključnih oblasti.

*Kombinovano učenje* kombinuje tradicionalnu nastavu u učionici sa onlajn resursima i aktivnostima. Koristi tehnologiju kako bi pružio interaktivnije i personaliziranije iskustvo učenja. Ovaj pristup omogućava studentima da pristupe materijalima za kurs, sarađuju sa vršnjacima i učestvuju u praktičnim vežbama putem digitalnih platformi.

*Učenje zasnovano na projektima* fokusira se na praktičnu primjenu IT vještina. Studenti rade na projektima iz stvarnog svijeta, pojedinačno ili u timu, kako bi riješili probleme, dizajnirali softver ili kreirali inovativna rješenja. Ovaj pristup promovira kritičko razmišljanje, rješavanje problema i saradnju, dok studentima pruža praktično iskustvo.

*Adaptivni sistemi učenja* koriste tehnologiju da personalizuju iskustvo učenja na osnovu individualnih potreba i učinka učenika. Ovi sistemi analiziraju podatke o prednostima, slabostima i stilovima učenja učenika kako bi pružili prilagođeni sadržaj, tempo i povratne informacije. Prilagođavajući se zahtjevima svakog učenika, adaptivno učenje poboljšava angažman i poboljšava ishode učenja.

Prepoznajući rastuću važnost vještina kodiranja, mnoge obrazovne institucije ističu *kodiranje* i *računarsko razmišljanje* u svojim IT nastavnim planovima i programima. Studenti uče programske jezike, algoritme, strukture podataka i tehnike rješavanja problema. Ovaj fokus ih osposobljava sa osnovnim vještinama potrebnim za razvoj softvera, analizu podataka i druga IT polja.

S obzirom na rastuću važnost *sajber-sigurnosti*, IT obrazovanje često uključuje principe i prakse kibernetičke sigurnosti. Učenici uče o osiguranju mreža, zaštiti podataka, identifikaciji ranjivosti i odgovoru na sajber prijetnje. Institucije mogu ponuditi specijalizovane kurseve ili diplomske programe iz sajber-sigurnosti kako bi zadovoljile potražnju za obučenicima profesionalcima u ovoj oblasti.

Proliferacija podataka u različitim industrijama dovela je do povećanog naglaska na *data science* i obrazovanju iz *analitike*. Studenti uče statističku analizu, vizualizaciju podataka, mašinsko učenje i tehnike rudarenja podataka. Obrazovni programi često uključuju praktično iskustvo sa alatima za analizu podataka i programskim jezicima koji se obično koriste u ovoj oblasti, kao što su Python ili R.

Najsavremenije IT obrazovanje takođe naglašava etičke i društvene implikacije tehnologije. Studenti istražuju teme kao što su privatnost, sigurnost, digitalna etika, algoritamska pristrasnost i uticaj tehnologije na društvo. Ovaj fokus ohrabruje studente da razmotre šire posljedice svog rada i razviju odgovorne i inkluzivne pristupe IT-u. Mnoge obrazovne institucije uspostavljaju partnerstva sa liderima u industriji i nude *stažiranje* ili *kooperativne programe* obrazovanja. Ove saradnje studentima pružaju mogućnosti da steknu praktično iskustvo, rade na projektima iz stvarnog svijeta i razviju profesionalne mreže. Takav angažman industrije pomaže u premošćivanju jaza između akademske zajednice i industrije, osiguravajući da su diplomci bolje pripremljeni za radnu snagu.



Co-funded by  
the European Union

### *C. DEFINICIJA AAI*

AAI se odnosi na korišćenje AI tehnika i tehnologija za rješavanje problema iz stvarnog svijeta i rješavanje praktičnih izazova u različitim domenima, s ciljem povećanja ljudskih sposobnosti, poboljšanja procesa donošenja odluka i automatizacije složenih procesa.

Primijenjena AI obuhvata širok spektar polja, uključujući, ali ne ograničavajući se na zdravstvenu zaštitu, finansije, transport (npr. autonomna vozila), proizvodnju, sajber sigurnost i korisničku uslugu poput personaliziranih sistema preporuka. Najsavremenije aplikacije koriste tehnike kao što su mašinsko učenje, duboke neuronske mreže, obrada prirodnog jezika za razumevanje i generisanje jezika, kompjuterski vid za analizu slika i videa i robotika za automatizaciju fizičkih zadataka. Ekspertski sistemi su također još uvijek značajni za podršku odlučivanju koja zahtijeva puno znanja.

U primijenjenoj vještačkoj inteligenciji, fokus je na razvoju praktičnih rješenja koja se mogu integrirati u postojeće sisteme ili radne tokove kako bi se postigli opipljivi rezultati. Ovo često uključuje prikupljanje i prethodnu obradu podataka, analizu i tumačenje složenih skupova podataka, izdvajanje smislenih obrazaca i uvida, obuku AI modela koristeći odgovarajuće algoritme, provjeru valjanosti i fino podešavanje modela, te njihovu primjenu u scenarijima iz stvarnog svijeta. Kroz iterativno učenje i usavršavanje, AI modeli se kontinuirano poboljšavaju kako bi se postigla veća tačnost, robusnost i prilagodljivost.

Nadalje, primijenjena AI uzima u obzir etičke, pravne i društvene implikacije, osiguravajući da su raspoređeni sistemi transparentni, pravedni, sigurni i odgovorni.

### *D. OPSEG PROBLEMA I OBLASTI PRIMJENE AAI*

Opseg problema vještačke inteligencije je širok i raznolik. AI se može primijeniti na širok spektar domena i može riješiti različite vrste problema. Neka područja u kojima se AI može iskoristiti su: automatizacija, podrška odlučivanju, obrada prirodnog jezika, analiza slike i videa, zdravstvo, robotika i autonomni sistemi, igre i zabava, sajber sigurnost, pametni gradovi i praćenje životne sredine.

TABELA 1. Opseg AI problema prema opadajućem redoslijedu značaja



Scope	Percentage
healthcare	17,60%
ecology	9,74%
cybersecurity	8,99%
manufacturing	7,49%
data processing	5,24%
robotics	4,87%
smart grid	3,75%
finance	3,75%
energetics	3,75%
recommendation systems	3,00%
agriculture	3,00%
photo and video	2,62%
face and body recognition	2,25%
culture	2,25%
chatbots	2,25%
business intelligence	2,25%
automotive	2,25%
voice recognition	1,87%
video processing	1,87%
geolocation	1,87%
education	1,87%
road traffic	1,50%
object detection	1,50%
transport	1,12%
search and recommendation	1,12%
library	0,75%
aviation and ocean transport	0,75%
social network analytics	0,37%
military	0,37%

Ovi primjeri predstavljaju samo djelić obima problema s vještačkom inteligencijom. AI nastavlja da napreduje i pronalazi primjenu u različitim industrijama i sektorima, stvarajući nove mogućnosti za rješavanje složenih izazova i poboljšanje efikasnosti i procesa donošenja odluka. Čitav niz stvarnih slučajeva AI treba uzeti u obzir prilikom dizajniranja kursa o AI zasnovanom na kompetencijama.

U okviru FAAI projekta proučavano je 267 stvarnih slučajeva baziranih na AAI rješenjima. U tabeli 1 prikazana su područja zadataka zajedno sa njihovim značajem.

#### *E. AAI NAUČNI PROJEKTI*

Dio istraživanja u okviru FAAI Erasmus + programa uključivao je upitnik o naučnim projektima u primijenjenoj vještačkoj inteligenciji. Pitanja su imala za cilj da istraže potrebe i očekivanja naučnih projekata koji će pomoći u obuci stručnjaka iz oblasti primijenjene vještačke inteligencije. Prikupljeni su i analizirani upitnici o 63 projekta koje su prikupile partnerske organizacije iz 5 zemalja. Koordinator projekta bili su iz 19 zemalja, 34 sa univerziteta, 6 sa akademija nauka, a 24 iz drugih organizacija ili kompanija. Budući da su upitnici prvenstveno bili usmjereni na projekte koji su u toku, dobijeni rezultati se mogu smatrati aktuelnim i ažurnim. Većina projekata ima 1-6 učesnika; međutim, jedan projekat ima 50 učesnika.



**Co-funded by  
the European Union**

Među zanimljivije rezultate spada nalaz, da se više od polovine projekata odnosilo na module učenja dubokih neuronskih mreža, a većina zadataka mašinskog učenja koji su rešeni bili su obrada slike, klasifikacija, regresija, klasterizacija i obrada prirodnog jezika. Od broja od 63 upitnika 55 se bavilo sljedećim zadacima mašinskog učenja. Predstavljanje znanja i rezonovanje, strategije planiranja i pretraživanja, ekspertni sistemi i fuzzy logika nisu pominjani u projektima. Većina slučajeva koristi otvorene softverske biblioteke. Među korištenim AI bibliotekama dominiraju TensorFlow, Keras, scikit-learn i CUDA. Programski jezici su bili Python i C++.

#### *F. AI OBRAZOVANJE*

Obrazovanje AI brzo dobija na značaju u današnjem svijetu vođenom tehnologijom. Čitav pregled nastave i učenja AI u posljednjih 20 godina predstavljen je u [27]. Kako AI nastavlja da pronalazi svoju primjenu u različitim industrijama i aspektima naših života, sve je veća potreba za pojedincima sa solidnim razumijevanjem AAI koncepata i tehnika. Vještačku inteligenciju i automatizaciju će vjerovatno usvojiti još više kompanija kako bi se poboljšala efikasnost i produktivnost. Ove tehnologije se mogu koristiti za automatizaciju zadataka koji se ponavljaju, obradu velikih količina podataka i preciznije predviđanje. Stoga je neophodna potreba za dobrim i jedinstvenim pristupom AI obrazovanju.

Na nivou srednje škole u [28] su razvili i evaluirali AI nastavni plan i program.

U [29] su dokazali da se najbolje prakse u podučavanju i učenju AI u visokom obrazovanju sastoje od ključnih faktora kao što su samopouzdanje, anksioznost iz matematike i razlike u obrazovnoj pozadini studenata.

Međutim, paradigme učenja zasnovane na kompetencijama koje su posebno efikasne u razvoju praktičnih vještina i pripremanju pojedinaca za primjenu AI u stvarnom svijetu, ne treba da budu razmatrane. Kursevi AI treba da se fokusiraju na sticanje specifičnih kompetencija i nude praktičnu obuku sa problemima iz stvarnog sveta, omogućavajući učenicima da razviju neophodne vještine i znanja kako bi postali uspješni praktičari vještačke inteligencije.

Za polaznika je bitno odabrati kurseve obuke koji su u skladu sa njihovim specifičnim potrebama i ciljevima, uzimajući u obzir najnovije inovacije u ovoj oblasti. I obrnuto, prilikom izrade nastavnog plana i programa potrebno je definisati jasne i specifične ciljeve kursa i pratiti najnovija dostignuća u ovoj oblasti.

### **III. MATERIJALI I METODOLOGIJA**

Ponudili smo pristup za razvoj kursa AAI obuke koristeći rezultate različitih istraživanja, standarde za kompetencije i teme, obradu podataka i donošenje odluka zasnovano na višekriterijumskoj optimizaciji (vidi sliku 2 za njen generalizovani prikaz). Uključuje sljedeće korake.

Počevši od utvrđivanja opštih ciljeva kursa obuke. Identifikujemo željene rezultate, kompetencije i oblasti znanja koje treba pokriti.

Provodimo ankete i procjene kako bismo prikupili podatke o potrebama i preferencijama ciljne publike. Ovo može uključivati ankete o postojećem znanju, nedostacima u vještinama, preferencijama učenja i željenim temama.

Identifikujemo standarde ili merila za kompetencije koje učesnici treba da postignu po završetku obuke. Ovi standardi potiču iz [30] i pomoći će u definiranju potrebnih znanja, vještina i sposobnosti u AAI.

Na osnovu podataka iz ankete i standarda kompetencija, utvrđujemo specifične teme koje treba pokriti na kursu obuke AAI. Razmatramo relevantnost, važnost i prioritet svake teme.

Alat za analizu podataka iz više izvora uključuje obradu i analizu podataka ankete i studije kako bi se izvukli smisleni uvidi. Ovo može uključivati statističku analizu, vizualizaciju podataka i tehnike sumiranja (kao što su oblaci riječi, CiteSpace grafovi, AHP) da bi se identificirali obrasci, trendovi i korelacije između odgovora na anketu i podataka iz više izvora.

Na osnovu identifikovanih tema, kompetencija i rezultata ankete, određujemo pojedinačne obrazovne module koji se bave specifičnim aspektima kursa obuke. Svaki modul treba da ima jasne ciljeve učenja i sadržaj koji je u skladu sa željenim ishodima.

Kreiramo unakrsne matrice koje ilustriraju odnose između tema, kompetencija i obrazovnih modula. Ova matrica pomaže da se vizualizira kako svaki modul doprinosi razvoju specifičnih kompetencija i kako su različite teme međusobno povezane s modulima i međusobno.

Kombinujemo pojedinačne obrazovne module i unakrsne matrice da formiramo 3D tenzorsku reprezentaciju. Ovaj tenzor obuhvata međuzavisnosti između tema, kompetencija i obrazovnih modula na strukturiran i organizovan način.

Primjenjujemo višekriterijumske tehnike optimizacije<sup>1</sup> za donošenje informiranih odluka na osnovu prikupljenih podataka. Uzimanje u obzir više faktora kao što su važnost svake teme i preferencije ciljne publike optimizovaće dizajn i izvođenje AAI kursa obuke.

Integriramo sve specifične zahtjeve koji proizlaze iz procesa donošenja odluka. Ovo bi moglo uključivati modifikacije sadržaja, metoda isporuke, strategija procjene ili redoslijeda modula na osnovu rezultata optimizacije.

#### A. MATERIJALI

Rad se zasniva na nizu podataka prikupljenih kao rezultat projekta FAAI studije dobre prakse u oblasti AAI. Naime, analizirali smo

- 74 ponude prikupljene sa tržišta rada;
- 63 naučna projekta iz AI;
- 92 postojeća kursa za AI obuku;
- 27 rješenja dobre prakse;
- 279 stvarnih slučajeva o AI rješenjima;
- popunjene ankete (80 akademika, 1054 IT studenata, 38 poslodavaca)

<sup>1</sup>AHP metoda je dalje opisana

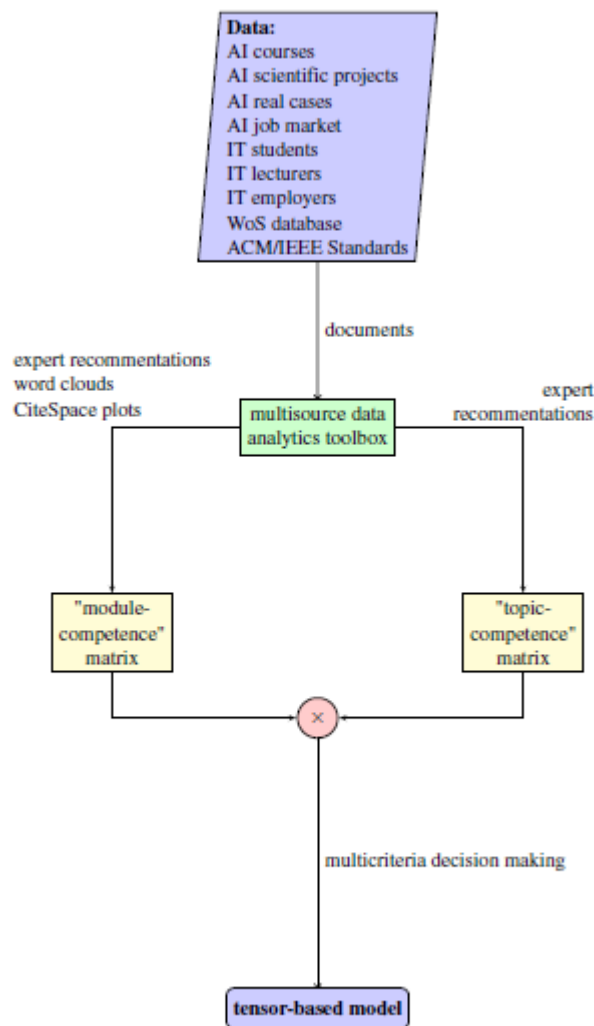


FIGURE 2. Flowchart for determining AAI course requirements

### B. Oblaci riječi

Oblaci riječi (word clouds), koji se takođe nazivaju i dijagrami riječi (wordle diagrams) ili oblaci oznaka (tag clouds), predstavljaju zadivljujuće načine za vizuelizaciju podataka, tako da se prikažu najznačajnije riječi ili fraze u grafičkom

obliku. Ova inovativna tehnika vizuelno ističe relativnu učestalost riječi u datom tekstu [31], što rezultira estetski ugodnim i lako razumljivim prikazom. Koncept oblaka riječi pojavio se početkom 1990-ih, praćen početnim instancama vizuelizacije frekvencija riječi. Dostupnost kompjuterskih alata za analizu teksta i veb aplikacija dodatno je popularizovala njihovu upotrebu. Trenutno, mnoge onlajn platforme i programi omogućavaju korisnicima da bez napora generišu oblake riječi iz tekstualnih podataka. Stvaranje oblaka riječi prati jednostavan postupak [32]. U početku, tekst se ispituje da bi se izdvojile jedinstvene riječi ili fraze i određuje se njihova učestalost pojavljivanja. Veličina ili istaknutost riječi u oblaku je proporcionalna njenoj učestalosti u tekstu. Riječi većeg značaja se obično prikazuju većim fontovima ili se nalaze bliže centru, dok su manje relevantne riječi grafički manje ili su pozicionirane prema periferiji. Oblaci riječi nalaze široku primjenu u različitim domenima [32], [33]. U poslovnom domenu, oni olakšavaju analizu raspoložnja, identifikaciju trendova i istraživanje ključnih riječi u povratnim informacijama kupaca ili opisima proizvoda. U oblasti obrazovanja, oni služe kao alati za vizuelizaciju ključnih koncepata ili tema, pomažući u razumijevanju i zadržavanju znanja. Pored toga, oni se koriste u društvenim istraživanjima, analizi sadržaja i prikupljanju mišljenja, nudeći vrijedan uvid u ogromne kolekcije tekstualnih podataka.

#### *C. KLAS TER ANALIZA KLJUČNIH RIJEČI*

Da bismo izvršili klaster analizu referenci agregiranih na platformi Web of Science (WoS) koristeći softver CiteSpace [2], prvo eksportujemo 10000 referentnih podataka iz WoS-a u formatu običnog teksta. CiteSpace će obraditi podatke i kreirati mrežu citiranja. Kada je mreža citiranja kreirana, CiteSpace nudi različite opcije vizuelizacije i analize. Istražili smo različite postavke i parametre da bismo generisali smislene klustere vezane za ključne riječi. Odgovarajuće označavanje nam omogućava da naznačimo vodeće autore i institucije. Mogu se odrediti i nizovi uzastopnih povezanih radova.

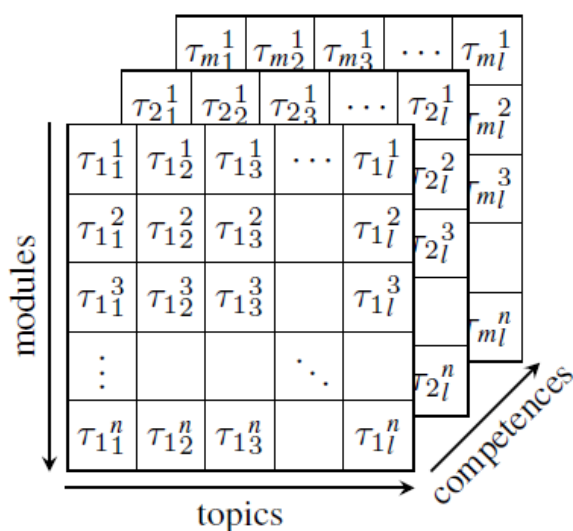
#### *D. AHP*

AHP metoda se koristi za rješavanje problema donošenja odluka koji uključuju više kriterijuma i mogućnosti. Posebno je efikasan kada je suočen sa složenim odlukama gdje treba uzeti u obzir subjektivne prosudbe i kompromise između hijerarhijski strukturiranih kriterijuma [34]. U ovom radu, AHP metoda će biti primijenjena u kontekstu dizajniranja AAI obrazovnog kursa za određivanje prioriteta i donošenje odluka u vezi sa različitim aspektima, kao što su ciljevi učenja, sadržaj kursa, metode ocenjivanja, strategije podučavanja, alokacija resursa, integracija tehnologije, evaluacija i povratne informacije. Sprovedenjem poređenja u paru možemo procijeniti relativnu važnost svakog kriterijuma i mogućnosti. Na primjer, možemo da uporedimo relevantnost sadržaja naspram zahtjeva tržišta rada. Obratite pažnju da se može uzeti u obzir nekoliko donosilaca odluka, npr. studenti, poslodavci, itd. Izračunavanje prioriteta ili težine svakog kriterijuma i mogućnosti na osnovu vrijednosti za poređenje u paru uključuje primjenu matematičkih proračuna, kao što je normalizacija vrijednosti poređenja i izračunavanje svojstvene vrijednosti i



svojestvenog vektora. Rezultat je skup vrijednosti prioriteta koji ukazuju na relativnu važnost svakog kriterijuma i mogućnosti.

Koristeći izračunate prioritete, možemo donositi informisane odluke o dizajnu kursa. Prioriteti nam pomažu da identifikujemo najvažnije kriterijume i najpogodnije mogućnosti na osnovu njihovog relativnog značaja. Ovo nam omogućava da se fokusiramo na aspekte koji imaju veći uticaj na postizanje željenih kompetencija.



SLIKA 3. Predstavljanje relacije "kompetencija-tema-modul" u vidu tenzora

Primjenom AHP metode na ove aspekte dizajna kurseva, edukatori i kreatori nastavnog plana i programa mogu donijeti informisane odluke koje promovišu efektivna iskustva nastave i učenja, usklađuju se sa obrazovnim ciljevima i zadovoljavaju potrebe učenika.

#### E. TENZORSKI PRISTUP RELACIJAMA

Ovaj metod predstavlja trodimenzionalni tenzor (Slika 3) sastavljen od tema i kompetencija pomoću prikaza zasnovanog na tenzoru, što je način predstavljanja svakog modula. Da bi se konstruisao 3D tenzor sa binarnim elementima  $\tau$  koristeći vektore  $C \in R_m$ ,  $T \in R_l$ , and  $M \in R_n$  (slika 3), zajedno sa dvije matrice  $AMC$  i  $ACT$

koje prikazuju logičke relacije između vektora  $M$  i  $C$ ,  $i$  i  $T$ , možemo koristiti sljedeće izraze:

$$\mathbf{A}_{MC} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}_{MC}[1,1] & \mathbf{A}_{MC}[1,2] & \dots & \mathbf{A}_{MC}[1,m] \\ \mathbf{A}_{MC}[2,1] & \mathbf{A}_{MC}[2,2] & \dots & \mathbf{A}_{MC}[2,m] \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{A}_{MC}[n,1] & \mathbf{A}_{MC}[n,2] & \dots & \mathbf{A}_{MC}[n,m] \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{A}_{CT} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}_{CT}[1,1] & \mathbf{A}_{CT}[1,2] & \dots & \mathbf{A}_{CT}[1,l] \\ \mathbf{A}_{CT}[2,1] & \mathbf{A}_{CT}[2,2] & \dots & \mathbf{A}_{CT}[2,l] \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{A}_{CT}[m,1] & \mathbf{A}_{CT}[m,2] & \dots & \mathbf{A}_{CT}[m,l] \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{T} = [\tau_{ij}^k]_{i=1, \dots, n, j=1, \dots, l, k=1, \dots, n}, \quad \text{where } \tau_{ij}^k := \mathbf{A}_{MC}[k, i] \cdot \mathbf{A}_{CT}[i, j]$$

gdje  $\cdot$  predstavlja logičku konjunkciju. Tenzor  $\mathbf{T}$  se također može konstruisati pomoću Kronekerovog proizvoda ( $\otimes$ ) date dvije matrice.

## IV. REZULTATI

### A. STUDIJE TRŽIŠTA RADA

Primijenjena vještačka inteligencija je veoma važna oblast kada je u pitanju tržište rada. Vidimo da postoji mnogo mogućnosti za upotrebu vještačke inteligencije u ovoj oblasti. Ovo je važna tehnologija koja pomaže preduzećima da poboljšaju efikasnost, smanje troškove i donose bolje odluke. Takođe vidimo da su poboljšanja u vještačkoj inteligenciji povezana sa stvaranjem novih mogućnosti i stvaranjem novih poslova u industriji. Ovo je naročito značajno u oblastima nauke o podacima (data science), mašinskog učenja i robotike.

**TABLE 2.** Positions offered.

Position	Percentage
Data Engineer	25.68%
Data Scientist	22.97%
Data Analyst	10.81%
AI Engineer	10.81%
Other positions	29.73%

**TABLE 3.** Machine learning problem

Type	Percentage
Classic ML	77.03%
Deep ML	63.51%
SciML	28.38%
Other	5.41%



Co-funded by  
the European Union

## 1. Pozicije koje se nude na tržištu rada

Što se tiče pozicija na tržištu rada u oblasti primijenjene vještačke inteligencije, nude se različite dominantne pozicije. Ovi stavovi su raspoređeni širom EU, što implicira da je polje primijenjene vještačke inteligencije rasprostranjeno širom svijeta. Na osnovu istraživanja tržišta rada prikazanog u Tabeli 2, najdominantnije pozicije koje se nude na tržištu su pozicije Data Engineer i Data Scientist, sa 25,68% i 22,97% respektivno. Dok su inženjeri specijalizovani za projektovanje, izgradnju i održavanje infrastrukture potrebne za rukovanje sistemom za obradu podataka, naučnici su odgovorni za izvlačenje uvida i znanja iz podataka. Analitičari podataka i AI inženjeri dijele isti procenat od 10,81%. Ovo pokazuje da značajan dio pozicija zahtijeva fokusiranje na tumačenje i analizu podataka, sa naophodnim vještinama vizuelizacije, i zajedno sa izraženom sposobnošću za razvoj i primjenu sistema i algoritama vještačke inteligencije. Što se tiče drugih pozicija, ne postoji jedna specifična pozicija koja se javlja dominantnije od ostalih. One variraju od DevOps inženjera do softverskih inženjera ili pozicija veb programera.

## 2. Problemi mašinskog učenja

Jedna od najvažnijih informacija relevantnih za tržište rada je vrsta problema mašinskog učenja koji treba riješiti. Ovo može ukazati na to koje kompetencije mogu biti najvažnije za rad u oblasti primijenjene vještačke inteligencije. Rezultati su prikazani u Tabeli 3. Na osnovu rezultata, evidentno je da je najveći dio problema mašinskog učenja koncentrisan na klasične probleme i probleme dubokog mašinskog učenja. Ovo implicira da su tradicionalne tehnike mašinskog učenja koje uključuju algoritme kao što su stabla odlučivanja, support vector mašine i random forest modeli potrebne da bi bile kompetentne u primijenjenoj vještačkoj inteligenciji. Drugi najvažniji skup čine problemi dubokog mašinskog učenja. Ono je steklo značajnu popularnost u posljednjih nekoliko godina i postalo je jedna od najčešće korišćenih grupa ML metoda u oblastima kao što su kompjuterska vizija i obrada prirodnog jezika.



TABLE 4. Models being developed

Model	Percentage
Multilayer neural networks - MLP	67.57%
Rules (Classification, Associating)	55.41%
Decision tree	50%
Convolutional neural networks - CNN	45.95%
Recurrent neural networks - RNN	36.49%
Random forest	35.14%
Encoder-decoder networks	13.51%
U-NET	10.81%
GRU	4.05%
LSTM	2.7%

Rezultati takođe pokazuju da je neophodno doći do znanja iz konkretnog naučnog domena i inkorporirati ih sa procesom mašinskog učenja. Stoga se može zaključiti da vještačka inteligencija ima i značajnu primjenu u oblastima koje su orijentisane ka fizičkim modelima, simulacijama ili diferencijalnim jednačinama [35].

### 3. Razvoj modela

Jedan od najvažnijih zadataka svakog inženjera mašinskog učenja je razvoj modela koji će se koristiti za rješavanje nekog problema iz stvarnog svijeta. Postoje različiti modeli, a njihova statistička raspodjela je prikazana u tabeli 4.

Tabela 4 prikazuje statističku raspodjelu različitih modela koji se razvijaju na tržištu rada. MLP modeli, tj. neuronske mreže sa više slojeva, često se koriste za zadatke kao što su klasifikacija, regresija i prepoznavanje obrazaca, zbog svoje sposobnosti da nauče složene obrasce iz podataka [36].

Rezultati pokazuju da je jedna od najvažnijih kompetencija kod rada u primijenjenoj vještačkoj inteligenciji kreiranje logičkih pravila zasnovanih na uslovima unaprijed definisanim na osnovu problema iz stvarnog svijeta. Ove tehnike se, sa varirajućim stepenom uspjeha, mogu koristiti za predikcije i otkrivanje korelacija između podataka.

Pokazano je da neuronske mreže predstavljaju najveću grupu modela koji se razvijaju na tržištu rada. I konvolucione i rekurentne neuronske mreže mogu se koristiti za mnoge domene, poput obrade slika ili vizuelnih podataka.

Sve u svemu, u kontekstu modela koji se razvijaju, podaci pokazuju dominaciju MLP-a i rule-based pristupa. Značajni udio imaju i stabla odlučivanja i konvolucione i rekurentne neuronske mreže. Vrijedi napomenuti prisustvo specifičnih arhitektura kao što su mreže sa enkoder-dekoder arhitekturom, U-Net, GRU i LSTM modeli, sa manjim procentima, što ukazuje na njihovu relevantnost u određenim specijalizovanim aplikacijama u oblasti mašinskog učenja.

### 4. Zadaci mašinskog učenja koje treba riješiti

Na tržištu rada primijenjene vještačke inteligencije postoje razni zadaci mašinskog učenja koje preduzeća nastoje da riješe koristeći tehnike vještačke inteligencije. Ovi zadaci obuhvataju različite domene i industrije i zahtijevaju nekoliko vještina u oblasti mašinskog učenja da bi se efikasno riješili.



Co-funded by  
the European Union

**TABLE 5. Machine learning tasks to be solved**

Task	Percentage
Classification	68.92%
Regression	58.11%
Clusterization	35.14%
Image classification	28.38%
Image captioning	22.97%
Natural language processing	22.97%
Image segmentation	22.97%
Speech recognition	12.16%

Tabela 5 prikazuje statističku raspodjelu zadataka mašinskog učenja koje treba riješiti. Sve u svemu, podaci ističu rasprostranjenost zadataka klasifikacije i regresije, koji su fundamentalni u oblasti mašinskog učenja, a njihova primjena je široka.

Takođe ukazuje na važnost posjedovanja vještina obrade slike i prirodnog jezika, kao i prepoznavanja govora. Klasterizacija, segmentacija slika i naslovljavanje pokazuju specifične izazove i primjene na tržištu rada. Nadalje, distribucija zadataka otkriva značaj obrade slike, obrade prirodnog jezika i prepoznavanja govora kao važnih tehnika koje treba poznavati i naučiti na kursevima vještačke inteligencije.

Razumijevanje distribucije zadataka mašinskog učenja je dragocjeno za preduzeća koja žele da primijene tehnike vještačke inteligencije za rješavanje problema u različitim domenima. Sa ovim znanjima, preduzeća koja primjenjuju tehnike vještačke inteligencije u različitim domenima mogu da daju prioritete i fokusiraju svoje napore na osnovu značaja različitih zadataka.

#### B. STUDIJE POSLODAVACA

Anketa je prikupila odgovore od 38 kompanija kako bi se istražile njihove potrebe i očekivanja u vezi sa obukom stručnjaka za primijenjenu vještačku inteligenciju. Većina ispitanika (86,84%) predstavlja privatne organizacije, a samo 13,16% ukazuje na pripadnost javnim organizacijama. Po veličini organizacije, više od polovine ispitanika (52,63%) svoje kompanije klasifikuje kao mala, oko 26,32% ispitanika svoje kompanije svrstava u srednja, a 21,05% ispitanika svoje kompanije klasifikuje kao velika, ukazujući da imaju preko 250 zaposlenih. Najveći procenat ispitanika (36,84%) radi u segmentu IT usluga. Ostali značajni segmenti uključuju start-up-ove (15,79%) i razne kategorije pružanja servisa (15,79%). Takođe su zastupljeni IT outsourcing, prodaja računarske tehnike, razvoj hibridnog softvera, IT outsourcing, offshore programiranje i tehnologije igara. Neke kompanije su pokretači proizvoda koji rade u domenima kao što su administrativne aktivnosti i MES, razvoj softvera i IT outsourcing, istraživanje i tehnologije (IT oblast), IT usluge, IT finansiranje i istraživanje i obrazovanje.

Primarne oblasti aktivnosti koje organizacije deklariraju variraju, pri čemu su proizvodnja i razvoj (47,37%), dizajn (39,47%), konsalting (44,74%), usluge korisnicima (42,11%) i istraživanje (39,47%) glavni domeni. Primjene i rješenja ovih kompanija obuhvataju različite sektore, uključujući obrazovanje, javne usluge, prodaju, marketing, finansije, bezbjednost, zdravstvenu zaštitu, transport i druge. Što se tiče upotrebe vještačke inteligencije u poslovnim aktivnostima, većina organizacija (86,64%) navodi da trenutno koristi vještačku inteligenciju, dok mali dio (13,16%) navodi da ima namjeru da to čini u budućnosti.

Što se tiče radnih mjesta u vezi sa vještačkom inteligencijom, inženjer podataka ima najveći procenat ponuda za posao (58,33%), a slijede analitičar podataka (55,56%) i Data Scientist (44,44%). Ostale pozicije kao što su tehnički rekruter, inženjer bezbjednosti i menadžer baze podataka imaju manji procenat ponuda za posao. Što se tiče zahtjeva za iskustvom, 41,67% radnih mjesta ne zahtijeva nikakvo iskustvo u AI. Većina pozicija zahtijeva iskustvo u rasponu od kratke prakse do jedne godine (25%), od 1 do 3 godine (27,78%). Samo mali procenat radnih mjesta zahtijeva iskustvo preko 5 godina (5,56%). Istraživanje je takođe ispitalo opšte kompetencije potrebne za uloge u vezi sa vještačkom inteligencijom. Najveći procenat (60%) pripisuje se kompetenciji prepoznavanja problema koji se odnose na algoritme i pribavljanje podataka, privatnost i integritet podataka. Druge visoko ocijenjene kompetencije uključuju opisivanje glavnih oblasti vještačke inteligencije i njenih primjena, prepoznavanje korisnosti metoda mašinskog učenja i identifikaciju odgovarajućih metrika učinka za procjenu algoritama mašinskog učenja. Kompetencije kao što su predstavljanje informacija u logičkim i probabilističkim formalizmima i rasprava o efektima odluka koje proizilaze iz zaključaka mašinskog učenja imaju niže procenat. Kada je riječ o dispozicijama koje su potrebne za zaposlene u oblasti vještačke inteligencije i nauke o podacima, ispitanici ističu važnost poštovanja istorije i ograničenja AI, prilagodljivosti u dizajnu algoritama, etičkog i odgovornog korišćenja mašinskog učenja i temeljnog i etičkog predstavljanja rezultata. Druge važne dispozicije uključuju izbor i evaluaciju algoritama, tačne i etičke pristupe evaluaciji, pažnju na detalje u tehnikama učenja bez nadzora i razmatranje izazova specifičnih za kontekst. Istraživanje je ispitalo tipove problema mašinskog učenja koje rješavaju kompanije. Većina kompanija (68,57%) koristi klasične i duboke tehnike mašinskog učenja, dok je manji procenat koristio SciML metode (8,57%). Što se tiče razvijenih ili proučavanih modela, najviše se pominju stabla odlučivanja i višeslojni perceptroni (MLP), a zatim slijede pravila, konvolucione neuronske mreže (CNN) i rekurentne neuronske mreže (RNN). Upotreba neuronskih mreža, kako tradicionalnog tako i dubokog učenja, preovlađuje u kompanijama. Najčešći AI i ML zadaci koje rješavaju ili proučavaju kompanije uključuju klasifikaciju, regresiju, klasifikaciju slika, klasterizaciju i obradu prirodnog jezika. Zadaci kao što su imenovanje slika, prepoznavanje govora i segmentacija slike imaju manji procenat odgovora. Python je najčešće potreban programski jezik (85,71%), zatim C++ (45,71%), Java (42,86%), R (37,14%) i C# (22,86%). Drugi jezici kao što su JavaScript i Matlab su rjeđe potrebni. Što se tiče AI biblioteka (okvira), TensorFlow je najčešće korišćen (78,79%), a slijede Keras (48,48%) i scikit-learn (42,42%).



Co-funded by  
the European Union

Drugi okviri kao što su PyTorch, Apache TVM, AMD HIP, OpenAI i Matlab alati se takođe koriste, ali u manjoj mjeri. Najkorišćeniji ekosistem je Anaconda (54,55%), a slijede Apache Hadoop (39,39%), Matlab (39,39%) i R Studio (33,33%). Za akademske/analitičke radnike, kompetencije kao što su izvođenje studija izvodljivosti, inoviranje i modifikovanje metoda i primjena savremenih metoda psihologije i pedagogije su visoko ocijenjene. Kompetencije koje se odnose na simulacije, statističku verifikaciju i zaštitu autorskih prava su relativno niže ocijenjene. Potrebne „meke vještine“ uključuju kritičko razmišljanje, komunikaciju, rad sa alatima i tehnologijom, planiranje i organizovanje i osnove poslovanja. Saradnja, fokus na kupca, dinamička prekvalifikacija i profesionalno umrežavanje se takođe vrednuju, ali u manjoj mjeri. Prema rezultatima ankete, kompanije cijene dodatne kompetencije, uključujući sposobnost odabira odgovarajućih struktura podataka i algoritama, kao i vizuelizaciju rezultata analize vještačke inteligencije. Pored toga, kompanije daju prioritet kompetencijama koje se odnose na implementaciju rješenja zasnovanih na računarstvu u oblaku. S druge strane, kompetencije kao što su analiza prijetnji aplikacijama u realnom vremenu, razvoj i upravljanje velikim skladištem podataka i korišćenje širokog spektra platformi za analizu velikih podataka smatraju se manje važnim. Kompanije takođe zahtijevaju od zaposlenih da imaju sposobnost da implementiraju zadatke i na nivou jedinice i na nivou opšteg/univerzalnog problema, pokazujući svoju svestranost i vještine rješavanja problema.

Rezultati ankete pružaju vrijedan uvid u mišljenja i nivoe zadovoljstva poslodavaca u vezi sa specijalistima koji diplomiraju sa diplomom u oblasti vještačke inteligencije i IT-a. Poslodavci izražavaju zabrinutost zbog nedostatka stručnjaka za vještačku inteligenciju na tržištu rada i nedostatka praktičnog iskustva među diplomcima. Praktična primjena iskustva mašinskog učenja se posmatra kao oblast kojoj je potrebno poboljšanje. Pored toga, neki poslodavci pominju visoka očekivanja plata od stručnjaka za vještačku inteligenciju, što čini izazovom pronalaženje odgovarajućih kandidata na lokalnom nivou. Što se tiče IT stručnjaka, mišljenja su pomiješana. Dok neki poslodavci cijene njihovo dobro iskustvo i tehničku stručnost, drugi smatraju da im nedostaju praktične vještine. Saradnja i kreativnost su identifikovani kao suštinske vještine za IT stručnjake, a čini se da postoji adekvatan fond mladih talenata. Međutim, situacija postaje izazovnija kada se traže stručnjaci srednjeg ili višeg nivoa. Potreba za stručnjacima za vještačku inteligenciju je tema debate među poslodavcima, pri čemu neki navode da nema potreba za tim kadrom, dok drugi primjećuju značajan jaz na tržištu rada. Zadovoljstvo poslodavaca stepenom pripremljenosti master inženjera u oblasti AI je generalno umjereno, pri čemu većina izražava umjereno zadovoljstvo. Ovo ukazuje da su potrebna poboljšanja kako bi se vještine diplomaca bolje uskladile sa očekivanjima poslodavca. Dok ponuda stručnjaka za vještačku inteligenciju na tržištu rada zadovoljava većinu

kompanija, značajan dio nije zadovoljan, što ukazuje na potrebu za vještijim profesionalcima. Kompanije generalno imaju pozitivne stavove prema podizanju kvalifikacija svojih sadašnjih zaposlenih kroz master studije AI, što ukazuje na spremnost da ulažu u obrazovanje i obuku. Kada su u pitanju kompetencije diplomiranih studenata u oblasti vještačke inteligencije, kompanije imaju neutralnu do pozitivnu percepciju. Generalno se smatra da diplomci imaju visoko teorijsko znanje, ali mišljenja se razlikuju u pogledu praktične primjene tog znanja. Osnovno znanje iz poslovnog menadžmenta, ekonomije i prava se smatra dobrim, kao i razumijevanje najnovijih međunarodnih standarda. Lični atributi kao što su inovativnost, radna etika, lična ambicija i samoprocjena dobijaju različite odgovore. Ovi nalazi istraživanja naglašavaju potrebu za poboljšanjem praktičnih vještina i iskustva diplomaca AI, usklađivanjem obrazovnih programa sa zahtjevima industrije i premošćavanjem jaza između teorijskog znanja i njegove praktične primjene. Poslodavci su željni da zaposle kvalifikovane stručnjake za vještačku inteligenciju i voljni su da ulažu u obrazovanje i obuku svojih sadašnjih zaposlenih. Rezultati takođe naglašavaju važnost saradnje između obrazovnih institucija i zainteresovanih strana u industriji kako bi se osigurala spremnost diplomaca za dinamično tržište rada sa vještačkom inteligencijom.

Rezultati ankete pružaju uvid u mišljenja poslodavaca u vezi sa projektnim aktivnostima vezanim za istraživanje vještačke inteligencije i njihovu spremnost da učestvuju. Većina kompanija smatra da je pravljenje veb stranice za predstavljanje rezultata istraživanja vještačke inteligencije od strane lokalnog univerziteta umjereno važno, pri čemu je 20% neutralno, a manji procenat smatra da je to veoma važno. Nijedna od kompanija ne ocjenjuje ideju kao nevažnu. Ovo ukazuje na opšti interes za prikazivanje rezultata istraživanja vještačke inteligencije preko namjenske veb stranice. Što se tiče komunikacije i angažovanja, značajan broj kompanija, 63,89%, izražava želju da dobijaju bilten o napretku projekta.

Međutim, značajna manjina, 36,11%, ne pokazuje interesovanje za takve biltene. Za aktivno učešće u razvoju projekta kroz obuku i slučajeve korišćenja, 44,74% kompanija odgovara pozitivno, dok 55,26% odbija. Ovo sugerise da je značajan dio poslodavaca otvoren za uključivanje u projektne aktivnosti. Što se tiče prezentacije rezultata projekta, većina kompanija (60,53%) izražava interesovanje da budu pozvane na konferenciju posvećenu upoznavanju većeg broja ljudi sa rezultatima projekta. Ovo pokazuje želju kompanija da ostanu informisane o rezultatima projekta i budu u toku sa najnovijim dešavanjima u oblastima vještačke inteligencije i nauke o podacima. Iako postoji opšti interes za veb lokaciju koja predstavlja rezultate istraživanja vještačke inteligencije i prima ažuriranja o napretku, spremnost da se aktivno učestvuje u razvoju projekta i prisustvuje konferenciji je pomiješana. Razumijevanje i prilagođavanje preferencijama i potrebama poslodavaca je ključno za uspješnu implementaciju i širenje rezultata FAAI projekta.

### *C. STUDIJA STUDENATA*

Upitnik za studente, master i alumniste informacionih sistema i tehnologija



**Co-funded by  
the European Union**

popunilo je ukupno 1052 osobe, pokazujući veliko interesovanje za AAI teme unutar studentske populacije. Prva grupa od tri pitanja u anketi (pitanja 1-3) bila je opšte namjene, sa ciljem da se saznaju osnovni podaci o ispitanicima – njihovu nacionalnost, godine i status učenika. Kao što se i očekivalo, studenti uglavnom potiču iz zemalja učesnica projekta: Poljske 13,88%, Srbije 15,11%, Bugarske 34,98%, Crne Gore 19,68% i Slovačke 10,55%. Tu je i 61 lice (5,8%) druge nacionalnosti. Ispitanici su u velikoj većini mlađi od 24 godine - 72,34% i još studenti 89,45% (64,83% prvi nivo studija i 24,62% drugi nivo studija). Samo 11,55% su diplomci.

Sljedeći skup od deset pitanja (pitanja 4-13) bio je namijenjen samo učenicima. Prvo je od njih zatraženo da navedu za koji stepen obrazovanja se školuju. Većina ispitanika je sa osnovnih studija 72,81% ili master studija 22,15% (71,96% u prve dve godine studija) sa specijalizacijom u nekim varijacijama u oblasti IT (Informacione tehnologije 28,69%, Računarstvo 25,82%). Na pitanje da li poznaju neke kurseve primijenjene vještačke inteligencije koji se nude na njihovom univerzitetu, studenti su u velikoj većini izabrali odgovore Ne (54,03%) i Da, znam samo nekoliko (39,25%), dok je samo 6,72% izabralo odgovor Da, znam mnogo njih. Aktivnosti, koje studenti najčešće preferiraju za proširenje znanja iz AAI-a su projekti (59,22%), predavanja (44,49%) ili laboratorije (38,21%). Pravljenje veb-stranice za prikazivanje nalaza istraživanja AAI koje je sproveo osoblje lokalnog univerziteta je važno ili veoma važno za skoro 82% ispitanika. Još jedno značajno pitanje bilo je da li su studenti upoznati sa materijalima AAI, gde je samo 9,7% odgovorilo Ne, nisam čuo za to i ne zanima me takav pristup. Na kraju ovog dijela pitanja, studenti su upitani da li bi željeli da pohađaju AAI kurseve i velika većina (90,02%) je odgovorila neutralno ili pozitivno (Neutralno – 35,36%, Donekle se slažem – 29,47%, Slažem se – 25,19%).

Treća grupa pitanja pod nazivom Učešće u obuci primijenjene vještačke inteligencije sastoji se od samo dva pitanja (14 i 15) koja se odnose na kontekst AAI i prethodne kurseve iz oblasti AAI. Samo 212 ispitanika (20,15%) je već pohađalo nastavu zasnovanu na AAI. Većina učenika je pokazala interesovanje za prikupljanje podataka iz različitih izvora (veb, društvene mreže itd.) (44,3%) ili za AAI analitiku/mašinsko učenje (47,34%).

Sljedeći set pitanja odnosio se na radno iskustvo (pitanja 16-19). Skoro polovina anketiranih trenutno radi 519/1052 (49,33%), što znači da veliki broj njih i studira i radi. Ostala pitanja u ovom dijelu imaju za cilj prikupljanje informacija o trajanju i prirodi zaposlenja ispitanika. Od 519 radnika, njih 347 radi u privatnom sektoru, 157 u javnom sektoru, dok 11 radi u neprofitnim organizacijama. Očekivano, (uglavnom su ispitanici mlađi od 24 godine), ispitanici uglavnom imaju manje od 3 godine iskustva (356 od 519 zaposlenih) i rade u IT industriji (311 od 519).

Ovi radnici u IT industriji odgovorili su na grupu pitanja (20-23). Pitanja su

formulisana na način da što bolje opišu radno mjesto, zahtjeve i iskustvo IT radnika. Istraživanje je pokazalo da većina IT radnika rade kao programeri softvera (17,4%), u podršci (4,75%), kao administratori (3,61%) i u izgradnji i servisu mreže (3,33%). Više od polovine IT radnika je izjavilo da je za njihovo imenovanje potrebna diploma Diplomirani inženjer. Od ukupno 1052 ispitanika, samo 136 je imalo neko iskustvo u radu u oblasti primijenjene vještačke inteligencije i koriste ga u svom radu.

Možda je najvažniji skup pitanja za realizaciju FAAI projekta vezan za Važne kompetencije neophodne za primijenjenu vještačku inteligenciju (pitanja 24-29). Ispitanici su imali priliku da sa liste od više od 30 opcija izaberu koje „meke vještine“ smatraju najvažnijim za zapošljavanje u organizaciji u kojoj rade. Nekoliko vještina se izdvaja u smislu da ih velika većina radnika smatra važnijim od ostalih: sposobnost rada u timu (66,73%), sposobnost planiranja i upravljanja vremenom (62,55%), sposobnost komunikacije, drugi (strani) jezik (60,27%). Sljedeće vještine su takođe bile popularne: sposobnost identifikovanja, predlaganja rješenja i rješavanja problema (55,8%), sposobnost da se uči i bude u toku sa učenjem (51,14%), sposobnost primjene znanja u praktičnim situacijama (50,38%), kapacitet za generisanje novih ideja (kreativnost) (48,95%). Ostale kompetencije birane su rijede, a sljedeće kompetencije su prepoznate kao najmanje važne: posvećenost očuvanju životne sredine (11,88%), sposobnost da se pokaže svijest o jednakim mogućnostima i rodnim pitanjima (12,36%), sposobnost preuzimanja inicijative i njegovanje duha preduzetništva i intelektualne radoznalosti (13,5%).

Na pitanje koje kompetencije treba da ima specijalista za AAI, ispitanici su uglavnom birali odgovore: korišćenje odgovarajućih metodologija obuke i testiranja prilikom primjene algoritama mašinskog učenja, prepoznavanje širine i korisnosti metoda mašinskog učenja, odabir odgovarajućih (klasa) metoda mašinskog učenja za specifične probleme, poređenje i suprotstavljanje metoda mašinskog učenja. Najcjenjenija srodna kompetencija koju specijalista za AAI treba da ima i koju treba podučavati tokom AAI treninga je efikasno korišćenje različitih tehnika analitike podataka (mašinsko učenje, „rudarenje“ podataka, preskriptivna i prediktivna analitika). Najpopularniji AAI alati koji se koriste za pomoć teorijskim predavanjima obično su: platforme za analitiku primijenjene vještačke inteligencije (Hadoop, Spark, Data Lakes), primjenjena vještačka inteligencija i distribuirani računarski alati (Spark, MapReduce, Hadoop, Mahout, Lucene, NLTK, Pregel) i Google Colab. Najmanje popularni su: Anaconda ekosistem, R Studio i Mathcad.

#### *D. STUDIJA AKADEMSKIH RADNIKA*

Procjena obrazovanja o primijenjenoj vještačkoj inteligenciji: Istraživanje iz perspektive akademskih radnika: ova istraživačka studija sprovedla je opsežnu anketu među academicima kako bi procijenila trenutno stanje obrazovanja u oblasti primijenjene vještačke inteligencije (AI). Anketa, sprovedena u okviru programa FAAI Erasmus+, prikupila je i analizirala upitnike od 80 predavača iz pet zemalja. Nalazi pružaju vrijedan uvid u nastavne prakse, kompetencije i oblasti za poboljšanje obrazovanja iz oblasti primijenjene vještačke inteligencije.



Co-funded by  
the European Union

Rezultati su otkrili da je značajan broj ispitanika početnik u oblasti primijenjene vještačke inteligencije, dok je većina ispitanika tvrdila da posjeduju vještine srednjeg nivoa. Napredni nivo znanja je prijavilo 23,75% učesnika, a samo 7,50% sebe smatra stručnjacima. Stoga, istraživanje predstavlja sveobuhvatan pregled, a ne usku ekspertsku perspektivu.

Jedan značajan nalaz je da je više od polovine nastavnika bilo samouko u oblasti vještačke inteligencije, a slijede oni koji su dobili lekcije AI tokom sticanja univerzitetske diplome. Samo manje od petine je prošlo specijalizovane kurseve vještačke inteligencije. Što se tiče prioriternih aktivnosti za proširenje znanja, tematski kursevi su bili najpopularniji izbor, dok je učešće na konferencijama bilo upola manje popularno. Komercijalni projekti, projekti otvorenog koda, angažovanje u javnim naučnim grupama i upoznavanje sa rezultatima istraživanja sprovedenih na univerzitetima, dobili su slične nivoe podrške (oko 50 procenata).

Studija je naglasila da značajan broj nastavnika nije imao iskustva u podučavanju AI i da je imao ograničeno učešće u publikacijama i istraživanju primijenjene vještačke inteligencije (skoro četrdeset procenata nikada nije objavilo članak o primijenjenoj vještačkoj inteligenciji, a samo polovina je učestvovala u primijenjenom istraživanju vještačke inteligencije). Ovo naglašava potrebu da se više kolega uključi u projekte vještačke inteligencije, s obzirom na njihov očigledan interes. Međutim, više od 50% nastavnika je imalo najmanje godinu dana iskustva u nastavi, a skoro jedna petina preko pet godina iskustva u nastavi, što ih pozicionira kao stručnjake. Samo 15% nastavnika je izrazilo nezainteresovanost za podučavanje vještačke inteligencije.

Zanimljivo je da većina nastavnika nije učestvovala u komercijalnim projektima vještačke inteligencije, ali je izrazila pozitivnu sklonost ka uključivanju eksternih stručnjaka za vještačku inteligenciju iz industrije (Donekle se slaže 37,50%, slaže se 42,50%, niko nije bio protiv stručnjaka iz industrije). Među ispitanicima je postojao snažan konsenzus u vezi sa značajem uključivanja primijenjenih AI kompetencija u nastavni plan i program, kao što su glavne oblasti vještačke inteligencije uključujući kontekst aplikacija, prepoznavanje širine primjene i korisnosti metoda mašinskog učenja (ML) i njihova praktična primjena. To uključuje potrebu da se uporede ML metode i odabere odgovarajuća metoda zajedno sa obukom i testiranjem. Međutim, napredne teme poput prenaučivosti, dimenzionalnosti, metrika performansi, algoritama i pribavljanja podataka smatrane su manje kritičnim.

Značaj diskusije o potencijalnim posljedicama donošenja odluka koje proizilaze iz mašinskog učenja (ML) je dobio relativno ograničenu pažnju ispitanika, što sugerše da se ne smatra veoma ključnim. Slični rezultati su primijećeni u pogledu etičkih razmatranja u vezi sa sistemima vještačke inteligencije. Verovatno su nastavnici shvatili sticanje sveobuhvatnog znanja u samim metodama kao primarni fokus za učenike, jer bi debata oko upotrebe i



etike bila uzaludna bez čvrstog razumijevanja funkcionisanja ovih metoda. Štaviše, značaj logike i probabilističkog formalizma, zajedno sa njihovim rezonovanjem, takođe se smatra relativno manje značajnim.

Za promovisanje AI obrazovanja, ispitanici su istakli značaj uspostavljanja veb-sajta koji prikazuje istraživanja lokalnog univerziteta o primijenjenoj vještačkoj inteligenciji i kreiranja projekata otvorenog koda posvećenih rješavanju problema vještačke inteligencije. Takođe su istakli značaj usmenih prezentacija, studentskih naučnih grupa, kao i vebinara, ali se podsticanje saradnje sa stručnjacima iz kompanija za vještačku inteligenciju smatra najvažnijim za bolje razumijevanje pitanja primijenjene vještačke inteligencije. Za studente, zahtjevi tržišta rada se smatraju važnim, ali da bi stekli kritično praktično znanje o vještačkoj inteligenciji, neophodna je saradnja sa kompanijama za vještačku inteligenciju.

Iz preporuka nastavnika mogu se izabrati sljedeći savjeti za nastavni plan i program:

- Fokusirajte se više na besplatne verzije.
- Prvo izaberite odgovarajući računarski jezik i biblioteke.
- Pažnja na kompjuterski vid, objašnjivu vještačku inteligenciju, interakciju čovjeka i vještačke inteligencije.
- Dodajte više aktivnosti zasnovane na primjerima.
- Rješavanje realnih problema pomoću AI na časovima.

Činjenica da ni univerzitetski kursevi, ni specijalizovani kursevi nisu glavni resurs vještina, čak i među nastavnicima, pokazuje neophodnost unapređenja kako univerzitetskih tako i specijalizovanih kurseva. Studija je otkrila potrebu da se poboljšaju univerzitetski kursevi i specijalizovani programi obuke za primijenjenu vještačku inteligenciju. Većina nastavnika je izrazila želju da učestvuje u sponzorisanim kursovima vještačke inteligencije kako bi unaprijedili svoje znanje. Dok je većina nastavnika povremeno istraživala najnovije trendove vještačke inteligencije, skoro petina je priznala da posjeduje samo osnovno znanje. Na pitanje o poznavanju najnovijih trendova primijenjene vještačke inteligencije, tehnikama, rješenjima, većina ljudi je odgovorila da povremeno istražuje tu oblast. Upitnici otkrivaju da postoji potreba da nastavnici unaprijede svoje vještine u podučavanju i promovisanju primijenjene vještačke inteligencije. Identifikovane su prepreke unapređenju primijenjenog AI obrazovanja, uključujući probleme sa studijskim programom, formalne prepreke za nove nastavne metode i neadekvatnu opremu. Rješavanje ovih izazova zahtijeva sveobuhvatna poboljšanja koja obuhvataju studijske programe, nastavne metodologije i pristup odgovarajućim resursima. Željene kompetencije uključuju podučavanje, promovisanje i unapređenje znanja iz oblasti vještačke inteligencije. „Teške vještine“ potrebne za efikasno podučavanje i učenje primijenjene vještačke inteligencije uključuju mašinsko učenje, odabrane programske jezike i biblioteke, analizu i vizuelizaciju podataka, dizajn i optimizaciju algoritama, duboko učenje i obradu prirodnog jezika. Studija je naglasila važnost uključivanja etičkih razmatranja kao osnovnog dijela nastavnog plana i programa za vještačku inteligenciju, aspekt kojem nastavnici



prethodno obrađeni. Zaustavne riječi i velika slova su zanemareni. Pored toga, riječi koje podržavaju vremena su takođe uklonjene. U prvoj anketi, ispitane su radne obaveze kako bi se analizirale glavne odgovornosti i obaveze vezane za radnu poziciju. Ukupno je analizirano 57 opisa odgovornosti kako bi se stekao uvid u ključne zadatke i dužnosti uključene u posao. Rezultat je predstavljen na slici 4.

Što se tiče radnih obaveza, analiza oblaka riječi je istakla grupu riječi usredsređenih na „podaci“ i „sistem“, naglašavajući važnost dobijanja vrijednih informacija za konkretan poslovni domen korišćenjem mašinskog učenja i tehnika vještačke inteligencije za obuku. Izraz "duboko učenje" takođe je dobio snažan naglasak u tekstu. Pored toga, kao značajni su se pojavili koncepti kao što su „energija“, „kvalitet“, „menadžment“ i „ljudska rješenja“. S druge strane, riječi koje su se ređe pojavljivale uključivale su „aplikacija“, „mreža“, „medicina“ i „prehrambena industrija“.



SLIKA 5. Ciljevi projekta – Oblak riječi

Prikupljene ankete o projektima su dalje analizirane kako bi se izvukli vrijedni uvidi i stekli dublje razumijevanje njihovih karakteristika, ciljeva i ishoda. Slika 5 predstavlja analizu ciljeva projekta u oblaku riječi, dok je na slici 6 prikazana vizuelizacija rezultata projekta u oblaku riječi, pružajući uvid u primarne ciljeve kao i u značajne rezultate i dostignuća analiziranih projekata. Neslaganje u broju analiziranih rezultata, sa 63 rezultata u odnosu na 52, može se pripisati činjenici da







Co-funded by  
the European Union

značaj koji svaka grupa pripisuje različitim kompetencijama. Prioriteti se određuju kroz proces poređenja u parovima, gdje donosioci odluka upoređuju svaku kompetenciju sa drugima na osnovu njihovog značaja.

## 2) Programski jezici u odnosu na namjenski server i rješenja u oblaku:

Izbor programskog jezika je zaista važan kada se proučava AI, jer može značajno uticati na sposobnost efikasnog razvoja AI sistema. Kriterijumi pri izboru jezika uključuju biblioteke i podržane okvire, živu zajednicu i resurse, fleksibilan i izražajan kod, performanse i efikasnost, integraciju i razvoj, kao i trendove u industriji.

Ovdje, u kontekstu određivanja prioriteta programskog jezika za kurs AI obuke, AHP je korišćen da inkorporira stavove donosilaca odluka, kao što su tržište rada, poslodavci i rješenja dobre prakse (vidjeti model na slici 14).

Prioriteti dobijeni od svakog donosioca odluka su agregirani da bi se generisao sveobuhvatan skup prioriteta za programske jezike na kursovima obuke AI (vidjeti slike 15-18). Ovo je postignuto izračunavanjem ponderisanih prosjeka vektora prioriteta donosioca odluka.

## 3) Modeli vještačke inteligencije u programskim okvirima Classic ML i Deep ML:

Sa stanovišta klasičnog ML-a, donosioci odluka bi trebalo da se fokusiraju na proučavanje dobro uspostavljenih algoritama mašinskog učenja, kao što su linearna regresija, stabla odlučivanja i mašine za vektore podrške, koji su široko korišćeni i testirani na tržištu rada, favorizovani od strane poslodavaca, i smatraju se dobrom praksom u AI. Sa stanovišta Deep ML-a, donosioci odluka treba da daju prioritet proučavanju dubokih neuronskih mreža, konvolucionih neuronskih mreža i rekurentnih neuronskih mreža, pošto su ovi modeli pokazali izuzetne performanse u različitim AI aplikacijama, veoma su traženi na tržištu rada od strane poslodavaca i odražavaju trenutno najbolju praksu u oblasti vještačke inteligencije.

Kada pokušavate da riješite dati problem odlučivanja numerički, slika 19 predstavlja dijagram toka procesa donošenja odluka. Problem uključuje 10 modela vezanih za Classic DL. Donosioci odluka su predstavnici tržišta rada, poslodavci i rješenja dobre prakse.

Na slikama 20-23 prikazani su prioriteti za određene grupe kriterijuma sa stanovišta odgovarajućih donosioaca odluka. Ove brojke predstavljaju relativni značaj koji svaka grupa pripisuje različitim modelima AI. Prioriteti se određuju kroz proces poređenja u parovima, gdje donosioci odluka upoređuju svaku kompetenciju sa drugima na osnovu njihovog značaja.

G. PREDSTAVLJANJE KURSA ZASNOVANOG NA TENZORU

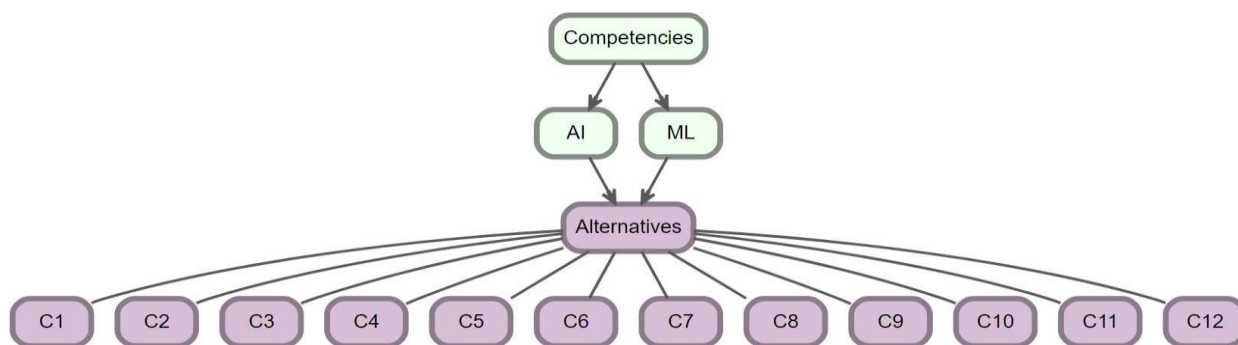
Na osnovu prethodnih studija odredili smo vektore  $C$  (Tabela 6),  $T$  (Tabela 7),  $M$  (Tabela 8). Štaviše, matrice  $A_{MC}$  i  $A_{TC}$  prikazane su u tabeli 10 i tabeli 9 respektivno. Množenjem odgovarajućih unosa dobijamo tenzor  $t^k$ .

Generisanje apstrahovanih modela modula sada je moguće zahvaljujući tenzorskoj dekompoziciji. Svaki tenzor se sastoji od tri relacije, ili relacije "kompetencija-tema-modul". Svaki tenzor je tada osobina sastavljena od ponderisanog zbira tenzora ranga jedan dobijenih množenjem vektora sa tri faktora.

Takav pristup nam je omogućio da dobijemo niz matrica za odnose „modul-tema” prema različitim kompetencijama. Na slici 8 prikazan je tenzor čije su komponente: teme, moduli i kompetencije. Formiranje željene kompetencije može se postići realizacijom obje konkretne teme i modula.

Tabela 9 prikazuje unakrsnu matricu „tema-kompetencija“ za 12 ključnih kompetencija u visokom obrazovanju sa vještačkom inteligencijom koje se mogu steći realizacijom odabranih tema od 12 tema navedenih u tabeli 7. Tako se, na primjer, kompetencija pod nazivom: „Prepoznavanje širine i korisnosti metoda mašinskog učenja“ može postići realizacijom sljedećih tema: Stručni sistemi zasnovani na pravilima; Mašinsko učenje I; Mašinsko učenje II; Duboka neuronska mreža - osnove; Duboka neuronska mreža - napredne teme; Pojačano duboko učenje; Obrada prirodnog jezika; Robotika.

U cilju jačanja kvaliteta obrazovanja uz obezbeđivanje visokih standarda obrazovanja, predlažemo da se ova kompetencija ojača kroz implementaciju specifičnih modula.



SLIKA 8. Model za donošenje odluka o kompetencijama na koje utiču AI i ML

	Weight	C1	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C2	Inconsistency
Competencies	100.0%	23.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	7.0%	0.0%
ML	78.3%	18.0%	5.5%	5.5%	5.5%	5.5%	5.5%	5.5%	5.5%	5.5%	5.5%	5.5%	5.5%	0.0%
AI	21.7%	5.0%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	0.0%

SLIKA 9. Prioriteti za kompetencije na koje utiču AI i ML: ukupan rezultat



Co-funded by  
the European Union

	Weight	C1	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C2	Inconsistency
Competencies	100.0%	45.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%	0.0%
ML	83.3%	37.5%	4.2%	4.2%	4.2%	4.2%	4.2%	4.2%	4.2%	4.2%	4.2%	4.2%	4.2%	0.0%
AI	16.7%	7.5%	0.8%	0.8%	0.8%	0.8%	0.8%	0.8%	0.8%	0.8%	0.8%	0.8%	0.8%	0.0%

**SLIKA 10.** Prioriteti za kompetencije na koje utiču AI i ML: tržište rada kao donosilac odluka

	Weight	C1	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C2	Inconsistency
Competencies	100.0%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	0.0%
AI	50.0%	4.2%	4.2%	4.2%	4.2%	4.2%	4.2%	4.2%	4.2%	4.2%	4.2%	4.2%	4.2%	0.0%
ML	50.0%	4.2%	4.2%	4.2%	4.2%	4.2%	4.2%	4.2%	4.2%	4.2%	4.2%	4.2%	4.2%	0.0%

**SLIKA 11.** Prioriteti za kompetencije na koje utiču AI i ML: akademici kao donosioci odluka

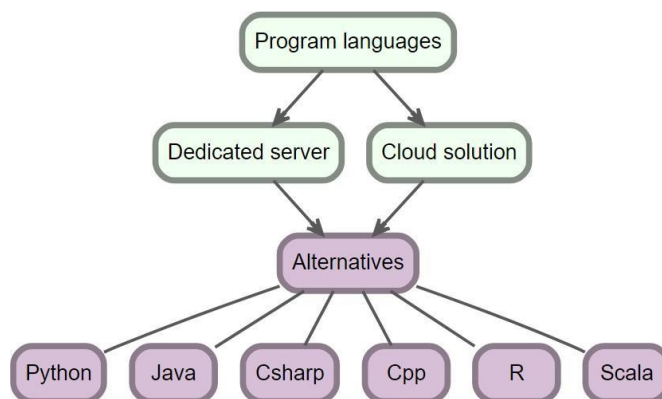
	Weight	C1	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C2	Inconsistency
Competencies	100.0%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	0.0%
ML	75.0%	6.3%	6.3%	6.3%	6.3%	6.3%	6.3%	6.3%	6.3%	6.3%	6.3%	6.3%	6.2%	0.0%
AI	25.0%	2.1%	2.1%	2.1%	2.1%	2.1%	2.1%	2.1%	2.1%	2.1%	2.1%	2.1%	2.1%	0.0%

**SLIKA 12.** Prioriteti za kompetencije na koje utiču AI i ML: studenti kao donosioci odluka

	Weight	C1	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C2	Inconsistency
Competencies	100.0%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	8.3%	0.0%
ML	87.5%	7.3%	7.3%	7.3%	7.3%	7.3%	7.3%	7.3%	7.3%	7.3%	7.3%	7.3%	7.3%	0.0%
AI	12.5%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	0.0%

**SLIKA 13.** Prioriteti za kompetencije na koje utiču AI i ML: poslodavci kao donosioci odluka





**SLIKA 14.** Model za donošenje odluka o programskim jezicima u odnosu na namjenska serverska ili cloud rješenja

**TABELA 6.** Kompetencije iz AI i ML će biti obuhvaćene predloženim kursom o primijenjenoj vještačkoj inteligenciji

Oznaka	Kompetencija
C <sub>1</sub>	Opišite glavne oblasti AI, kao i kontekste u kojima se AI metode mogu primijeniti.
C <sub>2</sub>	Predstavite informacije u logičkom formalizmu i primijenite relevantne metode zaključivanja.
C <sub>3</sub>	Predstavite informaciju u probabilističkom formalizmu i primijenite relevantne metode zaključivanja.
C <sub>4</sub>	Budite svjesni širokog spektra etičkih razmatranja u vezi sa sistemima vještačke inteligencije, kao i mehanizama za ublažavanje problema.
C <sub>5</sub>	Prepoznajte širinu i korisnost metoda mašinskog učenja.
C <sub>6</sub>	Uporedite i kontrastirajte metode mašinskog učenja.
C <sub>7</sub>	Izaberite odgovarajuće (klase) metoda mašinskog učenja za specifične probleme.
C <sub>8</sub>	Koristite odgovarajuće metodologije obuke i testiranja kada primjenjujete algoritme mašinskog učenja.
C <sub>9</sub>	Objasnite metode za ublažavanje efekata preučenosti i uticaja dimenzionalnosti u kontekstu algoritama za mašinsko učenje.
C <sub>10</sub>	Identifikujte odgovarajuću metriku učinka za procjenu algoritama/alata mašinskog učenja za dati problem.
C <sub>11</sub>	Prepoznajte probleme u vezi sa algoritmom i pribavljanju podataka, kao i privatnošću i integritetom podataka.
C <sub>12</sub>	Raspravljajte o mogućim efektima – i pozitivnim i negativnim – odluka koje proizilaze iz zaključaka mašinskog učenja.

**TABELA 7.** Teme iz AI i ML koje će biti pokrivena u predloženom kursu o primijenjenoj vještačkoj inteligenciji

Oznaka	Tema
T <sub>1</sub>	Vještačka inteligencija – istorija i modeli zasnovani na logici
T <sub>2</sub>	Predstavljanje znanja i rezonovanje (zasnovano na vjerovatnoći)
T <sub>3</sub>	AI-planiranje i strategije pretraživanja



Co-funded by  
the European Union

$T_4$	Fazi logika, rasplinuti sistemi upravljanja
$T_5$	Ekspertni sistemi zasnovani na pravilima
$T_6$	Mašinsko učenje I (pregled i učenje pod nadzorom)
$T_7$	Mašinsko učenje II (učenje bez nadzora)
$T_8$	Duboke neuronske mreže – osnove
$T_9$	Duboke neuronske mreže – napredne teme
$T_{10}$	Pojačano duboko učenje
$T_{11}$	Obrada prirodnog jezika
$T_{12}$	Robotika

**TABELA 8.** Moduli predloženog kursa o AAI

Oznaka	Modulo
$M_1$	Osnovni principi primjene AI u nauci i modernim poslovnim rješenjima
$M_2$	Moduli za ugradnju koje nude IBM, Microsoft, Google, AWS, itd.
$M_3$	Sprovođenje istraživanja o praktičnoj primjeni vještačke inteligencije
$M_4$	Izrada softverskih aplikacija korišćenjem AI
$M_5$	Implementacija eksternih AI modula u softverska rješenja
$M_6$	AI bazirana rješenja u ekologiji
$M_7$	AI bazirana rješenja u agrikulturi
$M_8$	AI bazirana rješenja u zdravstvu
$M_9$	AI bazirana rješenja za pametne gradove
$M_{10}$	AI bazirana rješenja u industriji
$M_{11}$	AI bazirana rješenja u robotici
$M_{12}$	Primjena ostalih AI modula

**TABELA 9.** Unakrsna matrica za relaciju "kompetencija-tema" za AAI kurs

	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$	$T_6$	$T_7$	$T_8$	$T_9$	$T_{10}$	$T_{11}$	$T_{12}$
$C_1$	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$C_2$	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$C_3$	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
$C_4$	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
$C_5$	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
$C_6$	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
$C_7$	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1
$C_8$	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
$C_9$	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0
$C_{10}$	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
$C_{11}$	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
$C_{12}$	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1

Tabela 10 prikazuje unakrsnu matricu "modul - kompetencija". Iz ovoga se vidi da je obrazovanje željenih kompetencija pojačano realizacijom pojedinih

modula. Tako je, na primjer, obrazovanje prethodno odabrane kompetencije „Prepoznaj širinu i korisnost metoda mašinskog učenja” pojačano realizacijom sljedećih modula: M1 (Osnovni principi primjene AI u nauci i savremenim poslovnim rješenjima) i M3 (Sprovođenje istraživanja o praktičnoj primjeni vještačke inteligencije). Dakle, svaka kompetencija se može steći popunjavanjem određenih tema i modula. U tabelama 13 - 24 prikazana je unakrsna matrica „moduli-teme“ za svaku od 12 kompetencija. Ove tabele sadrže vrednost "1"

**TABELA 10.** Unakrsna matrica za relaciju "kompetencija-modul" koja će se implementirati u dizajniranom AAI kursu

	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	M <sub>5</sub>	M <sub>6</sub>	M <sub>7</sub>	M <sub>8</sub>	M <sub>9</sub>	M <sub>10</sub>	M <sub>11</sub>	M <sub>12</sub>
C <sub>1</sub>	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
C <sub>2</sub>	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
C <sub>3</sub>	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
C <sub>4</sub>	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
C <sub>5</sub>	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C <sub>6</sub>	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
C <sub>7</sub>	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0
C <sub>8</sub>	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0
C <sub>9</sub>	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0
C <sub>10</sub>	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0
C <sub>11</sub>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
C <sub>12</sub>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0

	Weight	Python	Java	Csharp	Cpp	R	Scala	Inconsistency
Program languages	100.0%	40.7%	18.6%	11.1%	11.1%	9.6%	9.0%	0.0%
Cloud solution	51.8%	22.2%	11.4%	7.1%	2.7%	2.7%	5.6%	4.4%
Dedicated server	48.2%	18.5%	7.2%	4.0%	8.3%	6.9%	3.3%	2.8%

**SLIKA 15.** Prioriteti za programske jezike u odnosu na namjenski server ili rješenje u oblaku: potpuna odluka

	Weight	Python	Java	Csharp	Cpp	R	Scala	Inconsistency
Program languages	100.0%	44.5%	12.0%	14.2%	10.5%	11.3%	7.4%	0.0%
Dedicated server	50.0%	20.7%	4.4%	5.2%	8.0%	8.8%	2.8%	0.6%
Cloud solution	50.0%	23.8%	7.6%	9.0%	2.5%	2.5%	4.6%	4.4%

**SLIKA 16.** Prioriteti za programske jezike u odnosu na namjenski server ili rješenje u oblaku: odluka sa stanovišta tržišta rada



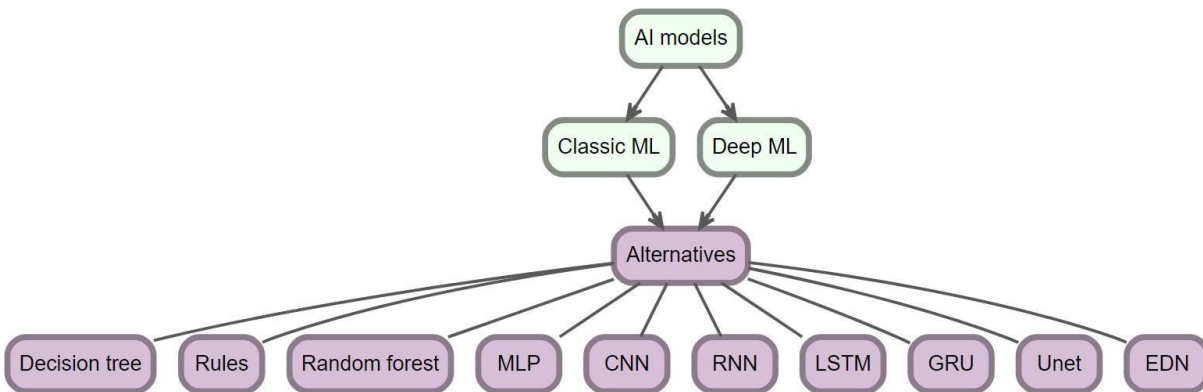
Co-funded by the European Union

	Weight	Python	Java	Csharp	Cpp	R	Scala	Inconsistency
Program languages	100.0%	34.7%	21.8%	16.1%	12.0%	10.8%	4.5%	0.0%
Dedicated server	50.0%	15.8%	8.9%	5.9%	9.4%	8.1%	1.9%	1.7%
Cloud solution	50.0%	18.9%	12.9%	10.2%	2.6%	2.6%	2.6%	2.9%

SLIKA 17. Prioriteti za programske jezike u odnosu na namjenski server ili cloud rješenje: odluka sa stanovišta poslodavaca

	Weight	Python	Java	Csharp	Cpp	R	Scala	Inconsistency
Program languages	100.0%	42.3%	21.0%	4.8%	10.8%	7.6%	13.5%	0.0%
Cloud solution	54.5%	23.6%	13.2%	3.0%	3.0%	3.0%	8.9%	4.0%
Dedicated server	45.5%	18.7%	7.8%	1.8%	7.8%	4.7%	4.7%	2.8%

SLIKA 18. Prioriteti za programske jezike u odnosu na namjenski server ili rješenje u oblaku: odluka sa stanovišta dobre prakse u AAI



SLIKA 19. Model za donošenje odluka o AI modelu u odnosu na Classic ili Deep ML

	Weight	CNN	RNN	MLP	Decision tree	Random forest	Rules	EDN	Unet	LSTM	GRU	Inconsistency
AI models	100.0%	18.2%	13.9%	11.2%	11.0%	10.4%	8.1%	8.0%	6.8%	6.4%	6.0%	0.0%
Deep ML	59.7%	16.6%	12.2%	2.6%	2.6%	2.6%	2.6%	6.3%	5.2%	4.7%	4.4%	1.4%
Classic ML	40.3%	1.7%	1.7%	8.6%	8.4%	7.8%	5.5%	1.7%	1.7%	1.7%	1.7%	0.3%

SLIKA 20. Model za donošenje odluka o AI modelu u odnosu na Classic ili Deep ML: totalna odluka

	Weight	CNN	RNN	MLP	Decision tree	Random forest	Rules	EDN	Unet	LSTM	GRU	Inconsistency
AI models	100.0%	13.9%	12.7%	13.4%	12.1%	11.0%	12.5%	8.1%	7.0%	4.4%	5.0%	0.0%
Classic ML	54.8%	2.1%	2.1%	11.7%	10.4%	9.3%	10.8%	2.1%	2.1%	2.1%	2.1%	0.3%
Deep ML	45.2%	11.8%	10.6%	1.7%	1.7%	1.7%	1.7%	6.0%	4.9%	2.3%	2.9%	1.2%

**SLIKA 21.** Model za donošenje odluka o AI modelu u odnosu na Classic ili Deep ML: odluka zbog zahtjeva tržišta rada

	Weight	CNN	RNN	MLP	Decision tree	Random forest	Rules	EDN	Unet	LSTM	GRU	Inconsistency
AI models	100.0%	13.1%	10.5%	11.3%	11.7%	10.2%	11.3%	9.2%	7.1%	8.7%	7.1%	0.0%
Classic ML	50.0%	1.9%	1.9%	9.8%	10.2%	8.7%	9.8%	1.9%	1.9%	1.9%	1.9%	0.2%
Deep ML	50.0%	11.2%	8.6%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%	7.3%	5.2%	6.8%	5.2%	1.4%

**SLIKA 22.** Model za donošenje odluka o AI modelu u odnosu na Classic ili Deep ML: poslodavac kao donosilac odluka

	Weight	CNN	RNN	MLP	Decision tree	Random forest	Rules	EDN	Unet	LSTM	GRU	Inconsistency
AI models	100.0%	26.7%	17.2%	9.5%	9.5%	9.5%	5.5%	5.5%	5.5%	5.5%	5.5%	0.0%
Deep ML	77.8%	25.7%	16.2%	4.5%	4.5%	4.5%	4.5%	4.5%	4.5%	4.5%	4.5%	0.6%
Classic ML	22.2%	1.0%	1.0%	5.1%	5.1%	5.1%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	1.0%	0.0%

**SLIKA 23.** Model za donošenje odluka o AI modelu u odnosu na Classic ili Deep ML: odluka sa stanovišta zahtjeva dobre prakse

kada će obrazovanje date kompetencije biti moguće realizacijom i izabranog modula i izabrane teme, i „0“ kada realizacija zadate teme nije pogodna za realizaciju određenog izabranog modula. U tabelama 13 - 24 predstavljene su matrice formirane množenjem tema kroz vektor modula. Na primjer, za tabelu 13: Kompetencije: Opisivanje glavnih oblasti AI i konteksta u kojima se AI metode mogu primijeniti biće moguće kroz završetak teme 1 ( $T_1$ - Istorija vještačke inteligencije i modeli zasnovani na logici) i modula ( $M_1$ - Osnovni principi primjene vještačke inteligencije u nauci i savremenim poslovnim rješenjima;  $M_2$ - Moduli za ugradnju koje nude IBM, Microsoft, Google, AWS, itd.;  $M_3$ - Sprovođenje istraživanja vezanih za praktičnu primjenu vještačke inteligencije;  $M_{12}$ - Primjena drugih AI modula). Analogno tumačenje može se napraviti analizom preostalih tabela.

## V. DISKUSIJA

### A. ZAHTJEVI TRŽIŠTA RADA

Tržište rada za primijenjenu vještačku inteligenciju je dinamično i evoluiralo. Od različitih vještina programiranja do poznavanja projektnih obrazaca ili posebnih obrazovnih zahtjeva. U narednim poglavljima prikazana je raspodjela zahtjeva i informacije o neophodnim zahtjevima koje pojedinac treba da ima da bi bio



Co-funded by  
the European Union

kompetentan u oblasti AAI.

#### 1) Obavezni programski jezici

Poznavanje vještine programiranja je povezano sa specifičnim programskim jezikom potrebnim u primijenjenim tehnikama vještačke inteligencije. Tabela 11 daje informacije o tome koji su programski jezici najpotrebniji u primijenjenoj vještačkoj inteligenciji.

**TABELA 11.** Potrebni programski jezici za AAI

Language	Percentage
Python	79.73%
R	28.38%
C++	25.68%
C#	14.86%
Java	12.16%

Očekivano, Python je programski jezik koji je najpotrebniji u oblastima primijenjene vještačke inteligencije. Ovo pokazuje da većina kurseva treba da se fokusira na isporuku detaljnog nastavnog plana i programa o Python programskom jeziku i bibliotekama koje su pogodne za ovu oblast. Ovaj procenat potiče od Python-ove jednostavnosti i ogromnog ekosistema koji se može koristiti za različite domene.

Ostali programski jezici su na prilično sličnoj skali, sa R programskim jezikom koji je zastupljen sa 28,38%, što nam pokazuje da je značajan dio kompetencija orijentisan na statističko računanje i analizu i vizuelizaciju zbog svoje obimne kolekcije statističkih biblioteka i paketa.

Rezultati takođe pokazuju da su ostali potrebni programski jezici Java, C# i C++.

#### 2) Obrazovni zahtjevi

U tabeli 12 prikazani su podaci o tome koji zahtjevi za edukaciju su neophodni za AAI.

Obrazovni zahtjevi u primijenjenoj vještačkoj inteligenciji obično uključuju snažnu osnovu u matematici, tačnije statistici i statističkoj analizi, i kompjuterskim naukama. Podaci pokazuju da je diploma računarstva često minimalni zahtjev, u pratnji master diplome - oba stepena iz oblasti računarskih nauka.

TABELA 12. Obrazovni zahtjevi

Stepen	Procenat
Diploma - oblast računarstva	33,78%
Master stepen - oblast računarstva	29,73%
Nema nivoa obrazovanja, samo vještine	27,03%
Ostalo	9,46%

Iako doktorat u ovim oblastima pruža dublje znanje i specijalizaciju, studija pokazuje da generalno doktorat nije neophodan nivo obrazovanja. Važnije je posjedovanje vještina, što znači da i polaznici i kursevi treba da forsiraju kontinuirano učenje i sertifikaciju i da stalno budu u korak sa najnovijim stvarima u oblasti AAI.

### 3) Potrebne kompetencije

Jedan od najvažnijih skupova znanja na tržištu rada je fokusiranje na neophodne kompetencije potrebne za primijenjenu vještačku inteligenciju. Kompetencija se uopšteno odnosi na znanje, vještine i sposobnosti koje stručnjak treba da ima da bi radio u oblasti primijenjene vještačke inteligencije.

Studija pokazuje da je odabir odgovarajućih klasa metoda mašinskog učenja i njihova primjena na specifične probleme najdominantnija potrebna kompetencija, sa ocjenom 59,46%. Ovo je očekivano, s obzirom na to da je jedan od najvažnijih zadataka pronalaženje najboljeg načina procesiranja datih podataka. Ovo pokazuje da stručnjaci moraju da imaju sveobuhvatno razumijevanje glavnih oblasti vještačke inteligencije i konteksta na koje se ona može primijeniti.

Sa skorom od 48,65% i 41,89% respektivno, poređenje metoda mašinskog učenja i predstavljanje informacija u logičkom formalizmu su sljedeće dvije najvažnije kompetencije. Možemo zaključiti da je poređenje ML metoda direktno povezano sa izborom odgovarajuće metode za konkretan problem, tako da nije iznenađujuće što je ova kompetencija veoma potrebna. Sposobnost predstavljanja informacija korišćenjem logike ili probablističkih formalizama i primjene relevantnih metoda omogućava stručnjacima da efikasno modeliraju i manipulišu znanjem.

Kompetencije koje imaju značajan uticaj su korišćenje odgovarajućih metodologija obuke i testiranja prilikom primjene algoritama mašinskog učenja, zajedno sa prepoznavanjem širine i korisnosti metoda mašinskog učenja su na oko 40%.

Poznavanje potrebnih kompetencija u oblasti primijenjene vještačke inteligencije je veoma važna studija. Daje mnoge korisne informacije koje se mogu usmjeriti ka razvoju nastavnog plana i programa, razvoju vještina ili pripremi za karijeru. U oblasti razvoja kurikuluma, razumijevanje potrebnih kompetencija pomaže institucijama da osmisle i razviju najnovije programe. Usklađivanje kompetencija sa nastavnim planom i programom je neophodan korak ka uspjehu u odabranoj oblasti.



Co-funded by  
the European Union

## B. ZAHTIJEVI OD POSLODAVACA

Nalazi istraživanja, koji istražuju potrebe i očekivanja poslodavaca u oblasti primijenjene vještačke inteligencije, ističu nekoliko važnih zaključaka u vezi sa potrebnim „čvrstim vještinama“, „mekim vještinama“ i univerzitetskim obrazovanjem u oblasti primijenjene vještačke inteligencije, mašinskog učenja (ML), Data Science i Big Data. U pogledu „čvrstih vještina“, kompetencija koju poslodavci najviše cijene je sposobnost prepoznavanja problema u vezi sa algoritmima i pribavljanja podataka, kao i privatnošću i integritetom podataka. Pored toga, kompanije naglašavaju važnost kompetencija kao što su opisivanje glavnih oblasti vještačke inteligencije, identifikovanje metrika učinka za procjenu algoritama ML i prepoznavanje širine i korisnosti metoda ML. Da bi odgovorile na ove zahtjeve, kompanije treba da se usredsrede na obezbjeđivanje mogućnosti za obuku i razvoj kako bi unaprijedile vještine i sposobnosti pojedinaca koji pokazuju slabije kompetencije. Za zaposlene u oblasti vještačke inteligencije i nauke o podacima je ključno da znaju istoriju razvoja AI i da razumiju prednosti i ograničenja reprezentacije znanja dobijenog bilo logički zasnovanim metodama bilo metodama zasnovanim na vjerovatnoći. Oni takođe treba da pokažu posvećenost primjeni mašinskog učenja kao dijela cilju-orijentisanog procesa za klijente i da budu pedantni u poređenju naučenih modela. Odabir i evaluacija algoritama se smatraju ključnim za obezbjeđenje kvaliteta naučenih modela, a pristupi etičke evaluacije sa visokim povjerenjem su od suštinskog značaja. Pažnja ka detaljima je naglašena u tehnikama učenja bez nadzora za istraživanje, razumijevanje, sumiranje i vizuelizaciju podataka. Što se tiče upotrebe ML modela, kompanije široko koriste Classic ML i Deep ML tehnike. Dok se tradicionalni ML modeli kao što su stabla odlučivanja i višeslojni perceptroni (MLP) obično koriste i proučavaju, modeli dubokog učenja kao što su konvolucione neuronske mreže (CNN) i rekurentne neuronske mreže (RNN) su veoma popularni izbori. Istraživanje takođe otkriva najčešće zadatke vještačke inteligencije i ML u kompanijama, pri čemu su klasifikacija i regresija rangirani najviše. Klasterizacija slika, grupisanje i imenovanje slika takođe su preovlađujući, dok zadaci kao što su prepoznavanje govora i segmentacija slike takođe dobijaju značajne procenete odgovora. Što se tiče programskih jezika, Python je najpotrebniji jezik za rad sa AI i ML, a slijedi ga C++. Java, R i C#, koji takođe imaju značajno mjesto u ovoj oblasti. TensorFlow je najčešće korišćeni AI programski okvir, a slijede Keras i scikit-learn. Drugi okviri kao što su PyTorch, Apache TVM, AMD HIP, OpenAI i Matlab Toolbox se koriste u manjoj mjeri. Anaconda, Apache Hadoop i Matlab su popularni ekosistemi, što ukazuje na fokus na sveobuhvatne alate za učenje, velike skupove podataka i složene algoritme. Poslodavci daju prioritet kompetencijama koje se odnose na inovacije, adaptaciju, studije izvodljivosti i savremene metode psihologije i pedagogije za akademsko/analitičko osoblje. Kritičko razmišljanje, komunikacija i poznavanje



alata i tehnologije su veoma cijenjene „meke vještine“. Planiranje i organizovanje, osnove poslovanja i vještine saradnje takođe se smatraju neophodnim. Štaviše, poslodavci naglašavaju važnost kompetencija kao što su odabir odgovarajućih struktura podataka i algoritama, vizuelizacija analize vještačke inteligencije i implementacija rješenja zasnovanih na računarstvu u oblaku. Nalazi pokazuju da su tehničke vještine u oblasti vještačke inteligencije i nauke o podacima ključne, ali ne i dovoljne za uspjeh u ovoj oblasti. Poslodavci cijene dodatne kompetencije, uključujući vještine rješavanja problema, praktično iskustvo, arhitekturu softvera, vještine prezentacije, kritičko razmišljanje, prilagodljivost i znanje specifično za domen u nekim slučajevima. Efikasna komunikacija, kako sa kupcima, tako i unutar internih timova, smatra se ključnom. Istraživanje pokazuje da su kompetencije koje kompanije zahtijevaju u oblasti vještačke inteligencije i nauke o podacima različite, što odražava interdisciplinarnu prirodu polja. Dok je teorijsko znanje stručnjaka za vještačku inteligenciju generalno dobro, praktične vještine često treba poboljšati. Razumijevanje poslovnih zahtjeva, procjena praktičnih aspekata razvoja i sposobnost da se radi na problemima različitih razmjera su ključne kompetencije. Poslodavci imaju pomiješana mišljenja o kvalitetu IT diplomaca, ali cijene njihovu tehničku stručnost i solidnu pozadinu. Praktične vještine i kreativnost se smatraju ključnim, dok su vještine saradnje neophodne za timski rad. Iako se tržište rada za mlađe IT stručnjake smatra dovoljnim, pronalaženje stručnjaka srednjeg ili višeg nivoa može biti izazov. Mišljenja o potrebi za stručnjacima za vještačku inteligenciju su podijeljena, a neki poslodavci ukazuju na značajan jaz na tržištu rada. Većina kompanija je umjerenom zadovoljna nivoom pripremljenosti diplomaca master studija u oblasti vještačke inteligencije, što ukazuje na prostor za poboljšanje. Kompanije generalno imaju pozitivan stav prema podizanju kvalifikacija svojih sadašnjih zaposlenih omogućavajući im da studiraju AI na nivou mastera. U zaključku, istraživanje pruža vrijedan uvid u potrebe i očekivanja poslodavaca u oblasti primijenjene vještačke inteligencije. Naglašava važnost širokog spektra kompetencija, uključujući „čvrste vještine“, „meke vještine“ i interdisciplinarno znanje. Kontinuirano učenje, praktično iskustvo, efikasna komunikacija i sposobnost rješavanja problema su ključni za uspjeh u ovoj oblasti koja se brzo razvija.

Sve u svemu, istraživanje je bacilo svjetlo na zahtjeve poslodavaca u vezi sa vještinama i kompetencijama u primijenjenoj vještačkoj inteligenciji i nauci o podacima. Nalazi mogu pomoći da se poboljšaju programi obuke i obrazovanja kako bi se zadovoljile potrebe poslodavaca u oblasti primijenjene vještačke inteligencije.

### *C. ZAHTIJEVI STUDENATA*

Veliki odziv IT studenata, master inženjera i bivših studenata informacionih sistema i tehnologija (preko 1000 učesnika u onlajn anketi), uglavnom iz zemalja partnera, pokazuje ogromno interesovanje ovih ciljnih grupa za primijenjenu vještačku inteligenciju. Mladi studenti smatraju da će AAI sadržaj biti važni za njihovu dalju karijeru i pokazuju jasnu potrebu za adekvatnim kursevima.

Većina studenata je bila zainteresovana za anketu o AAI-u, ali nepoznavanje nekog relevantnog kursa na svom univerzitetu pokazuje dobru osnovu FAAI projekta i rastuću potrebu za kursevima koji se bave AAI. Jasno je navedeno da razvojni kurs treba u velikoj mjeri da se oslanja na praktičnu primjenu sa



Co-funded by  
the European Union

laboratorijskim radom, studentskim projektima i praksom. Visokoškolske ustanove treba da se fokusiraju na implementaciju AAI sadržaja u studijske programe bilo inoviranjem postojećih kurseva ili uvođenjem potpuno novih kurseva. Poboljšanje okruženja (oprema, laboratorije) je sekundarni, ali i važan faktor. Pravljenje veb stranice za predstavljanje istraživanja u okviru AAI bi trebalo da bude još jedan prioritet za partnerske univerzitete. To je efikasan način za širenje rezultata i angažovanje studenata i druge ciljne publike u temama AAI. Činjenica da su skoro svi IT studenti izrazili interesovanje ili su bili neutralni prema studiranju AAI kursa u skladu je sa pretpostavkom projekta da postoji nedostatak AAI i drugih digitalnih vještina u evropskom regionu. Stoga, naglašava potrebu za novim inicijativama kako bi se ove vještine na adekvatan način uključile u nastavni plan i program, razvoj nastavnika, način ocjenjivanja i sadržaj učenja.

Dizajnirani AAI kursevi moraju biti u velikoj mjeri orijentisani na programere jer oni čine ogromnu većinu ciljne grupe za razvoj digitalnih kompetencija i vještina u oblasti primijenjene vještačke inteligencije. Poslodavci u IT sektoru od svojih zaposlenih uglavnom zahtijevaju diplome prvog stepena, tako da bi najlogičniji izbor za postavljanje AAI kurseva bio na osnovnim studijama ili u okviru nekih programa specijalizacije. S druge strane, moramo imati u vidu da ovi kursevi obično zahtijevaju neka već stečena znanja iz ove oblasti, dok su osnovni kursevi očigledno priželjkivani od strane ciljne populacije.

Razvijanje „mekih vještina“ postaje sve važnije u današnjem radnom okruženju. Mladi prepoznaju taj značaj kao i njihovi poslodavci. Svaka novosmišljena obuka takođe treba da se fokusira na razvoj „mekih vještina“, posebno onih u vezi sa timskim radom, komunikacijom i upravljanjem vremenom. Kreativnost, rješavanje problema, sposobnost učenja i primjene stečenog znanja takođe treba visoko cijiniti tokom kreiranja kursa. Najvrijednije kompetencije za specijaliste za AAI su: korišćenje odgovarajuće metodologije obuke i testiranja prilikom primjene algoritama mašinskog učenja, prepoznavanje širine i korisnosti metoda mašinskog učenja, odabir odgovarajućih (klasa) metoda mašinskog učenja za specifične probleme i poređenje i izbor metoda mašinskog učenja.

FAAI obuka i smjernice za njihov dizajn takođe moraju da uzmu u obzir poželjna buduća zanimanja za ispitanike (u skladu sa listom evropskog okvira IT kompetencija) i da budu skrojena posebno oko najpopularnijih, kao što su razvoj softvera, menadžer projekta, administrator sistema i administrator baze podataka.

#### *D. ZAHTIJEVI AKADEMSKIH RADNIKA*

Kompetentnost edukatora igra ključnu ulogu u studentskom sticanju vještina i znanja potrebnih za efikasno podučavanje i promovisanje AAI. Kako se ova oblast brzo razvija, postaje od suštinske važnosti da se identifikuju i da prioritet kompetencijama koje su potrebne da bi nastavnici bili u toku sa najnovijim dostignućima i da bi učenicima pružili korisna uputstva. Ključne kompetencije koje

treba da budu naglašene među akademcima u vezi sa AAI uključuju sljedeće:

Imperativ je da prosvetni radnici uključe *etička* razmatranja u nastavni plan i program jer AI postaje sve više integrisana u različite domene. Profesori moraju naučiti studente da kritički procijene etičke implikacije i potencijalne posljedice donošenja odluka u vezi AI. Ovo uključuje podsticanje diskusija o pristrasnosti, pravičnosti, transparentnosti, odgovornosti i širim društvenim i etičkim dimenzijama AI tehnologija.

Akademci bi trebalo da imaju solidno razumijevanje jezgra *tehničkih koncepata i metodologija* u primijenjenoj AI. Ovo obuhvata poznavanje algoritama za mašinsko učenje, statističko modeliranje, prethodnu obradu i analizu podataka, programske jezike i biblioteke koje se najčešće koriste u razvoju vještačke inteligencije. Pored toga, znanje u oblastima kao što su računarski vid, obrada prirodnog jezika i duboko učenje je ključno, jer su one osnovne komponente primijenjene vještačke inteligencije.

AI je *multidisciplinarna oblast* koja se ukršta sa različitim domenima kao što su računarstvo, matematika, kognitivne nauke i etika. Akademce bi trebalo ohrabriti da usvoje interdisciplinarni pristup obrazovanju koje uključuju vještačku inteligenciju, premošćavajući jaz između tehničkog znanja i njegove primjene u realnom svetu. Ovo uključuje podsticanje saradnje i uključivanje različitih perspektiva iz drugih disciplina, omogućavajući studentima da se holistički pozabave složenim izazovima vještačke inteligencije. Razvijanje učenika i *kritičko razmišljanje i rješavanje problema* su vještine od vitalnog značaja u procesu obrazovanja za primijenjenu vještačku inteligenciju. Akademci treba da naglase sposobnost analize i evaluacije AI modela i algoritama, identifikuju ograničenja i potencijalne predrasude i predlože inovativna rješenja za rješavanje problema u vezi sa vještačkom inteligencijom. Njegujući sposobnosti analitičkog i logičkog zaključivanja učenika, edukatori im omogućavaju da postanu efikasni praktičari vještačke inteligencije i istraživači.

Efektivna *kommunikacija i saradnja* vještine su neophodne za edukatore u oblasti primijenjene vještačke inteligencije. Akademci bi trebalo da budu u stanju da artikuliraju složene koncepte vještačke inteligencije na jasan i pristupačan način, podstičući angažovanje i razumijevanje među studentima sa različitim nivoima tehničkog znanja. Štaviše, promovisanje saradnje unutar i van akademske zajednice, kao što je saradnja kroz industrijsko partnerstvo, podstiče dijeljenje znanja, umrežavanje i dolaženje u kontakt sa stvarnim aplikacijama vještačke inteligencije.

S obzirom na brz napredak u AI tehnologijama, akademci bi trebalo da posjeduju *prilagodljivost i posvećenost cjeloživotnom učenju*. Trebalo bi da budu u toku sa najnovijim dešavanjima, novim trendovima i najboljim praksama u ovoj oblasti. Ovo uključuje angažovanje u kontinuiranom profesionalnom razvoju, prisustvovanje konferencijama i radionicama, učešće u zajednicama za vještačku inteligenciju i traženje smjernica od stručnjaka iz industrije. Prihvatajući način razmišljanja o stalnom širenju oblasti, akademci mogu efikasno pripremiti studente za stalno razvijajuću oblast primijenjene vještačke inteligencije.

Akademci imaju odgovornost da njeguju *etičko vodstvo* i služe kao uzor svojim učenicima.



### *E. SINTETIČKA ANALIZA ISTRAŽIVANJA*

Ukratko, analiza oblaka riječi o poslovima, ciljevima projekta, rezultatima projekta i ciljevima studije realnih slučajeva primjene AAI otkrila je ključne riječi koje se najčešće pojavljuju. Oblak riječi je predstavljen na slici 24.

Važnost „sistema“ zasnovanih na „podacima“ i generisanje „modela“ kroz „mašinu“ i „vještačku“ „inteligenciju“ i „učenje“ bili su prisutni u svim oblacima riječi. Dodatno, akcenat je stavljen na korišćenje „energije“ i „duboka“ rješenja. Oblasti primjene kao što su „mreža“, „medicina“, „poslovanje“ i „održavanje“ su takođe pominjane. U analizi oblaka riječi, očigledno je da idealan sistem koji treba da bude kreiran treba da posjeduje karakteristike kao što su „performanse“, „kvalitet“ i „tačnost“. Štaviše, imperativ je da određena rješenja unaprijede postojeća. Konačno, „menadžment“ i „nadgledanje“ su takođe važne ključne riječi iz analiziranog sistema. Dakle, treba predstaviti životni ciklus kreiranog rješenja. Nalazi su dali uvid u glavne odgovornosti i obaveze na radnim mjestima, ciljeve i ishode projekta, kao i ciljeve realnih slučajeva primjene AAI.

### *F. AHP ANALIZA TENZORNE RELACIJE "KOMPETENCIJA-SADRŽAJ-MODUL"*

Kao što je pokazano, AHP se može koristiti za dizajn kurseva obuke u obrazovanju zasnovanom na kompetencijama tako što pomaže u određivanju prioriteta i donošenju odluka u vezi sa različitim aspektima kursa. Primena AHP-a u ovom kontekstu nam je pomogla da uradimo sljedeće: prilikom definisanja cilja utvrđujemo krajnji cilj kursa obuke. Ovo bi moglo biti specifično za razvoj kompetencija u AAI.

Identifikujući kriterijume koji doprinose postizanju cilja, u obrazovanju zasnovanom na kompetencijama, ovi kriterijumi bi mogli da obuhvate faktore kao što su relevantnost sadržaja za željene kompetencije, jasnoća i djelotvornost nastavnih metoda, strategije ocjenjivanja koje se koriste za mjerenje dostignuća kompetencija, usklađivanje sa industrijskim standardima ili zahtjevima posla.

Uz pomoć generisanja alternativa, određujemo različite alternative ili opcije za dizajniranje kursa obuke o AAI. Ove alternative mogu uključivati različite pristupe u nastavi, metodologije nastave, metode ocjenjivanja, redosljed tema, trajanje kursa ili uključivanje praktičnih vježbi ili realnih slučajeva primjene AAI.

Primjenom AHP-a u dizajnu kursa obuke AAI, možemo sistematski da procijenimo i odredimo prioritete različitih faktora, razmotrimo više perspektiva i donesemo odluke sa više informacija koje su u skladu sa ciljevima i zahtjevima CBE.

#### 1) Prioriteti kompetencija sa tačke gledišta AI i ML

Metod analitičkog hijerarhijskog procesa (AHP) može se primijeniti za određivanje prioriteta među kompetencijama koje se odnose na AI i ML u kontekstu tržišta rada, akademaca, studenata i poslodavaca kao donosioca odluka. AHP je strukturirani pristup koji pomaže donosiocima odluka da uporede i daju prioritet različitim kriterijumima na osnovu njihovog relativnog značaja.

Koristeći AHP metod, donosioci odluka mogu sistematski da procjenjuju i daju težinu kompetencijama. Rezultati sa slika 9-13 se zatim mogu koristiti za



Co-funded by  
the European Union

usmjeravanje procesa donošenja odluka u vezi sa AI i ML kompetencijama, kao što su razvoj nastavnog plana i programa, odluke o zapošljavanju ili obrazovnim programima, uzimajući u obzir perspektive predstavnika tržišta rada, akademaca, studenata i poslodavaca.

## 2) Programski jezici za kurs AAI obuke

Različiti programski jezici imaju različitu podršku za AI biblioteke i programske okvire, kao što su Python, Tensor-Flow i PyTorch, koji u velikoj mjeri pojednostavljaju razvoj vještačke inteligencije. Jezici kao što su Python i R imaju aktivne AI zajednice, nudeći obilne resurse za učenje i rješavanje problema. Neki jezici nude fleksibilnost i izražajnost, poput Python-ove jednostavnosti i čitljivosti, dok drugi, poput Lisp-a ili Haskell-a, imaju ugrađenu podršku za funkcionalno programiranje, što je korisno za određene AI tehnike. Izbor programskog jezika može zavisi od zahtjeva za performansama, pri čemu jezici poput C++ ili Jave nude bolje performanse od interpretatorskih jezika. Potrebe za integracijom i primjenom takođe mogu uticati na izbor jezika, kao što je korišćenje JavaScript-a za veb aplikacije. Python-ova popularnost u zajednici vještačke inteligencije čini ga široko korišćenim u industriji, akademskim krugovima i istraživanju.

Važno je napomenuti da specifični prioriteti programskih jezika koji se odnose na kurseve obuke za vještačku inteligenciju mogu da variraju u zavisnosti od konteksta, tehnološkog napretka i evoluirajućih potreba tržišta rada i poslodavaca (vidjeti slike 15-18). Zbog toga bi se najažurniji i sveobuhvatni rezultati dobili iz nedavnih studija ili anketa koje su sproveli stručnjaci za vještačku inteligenciju, istraživačke institucije ili industrijske organizacije koje su specijalizovane za AI i programske jezike. Kriterijumi koji su važni za procjenu podobnosti programskih jezika za kurseve AI mogu uključiti faktore kao što su performanse, skalabilnost, podrška zajednice, biblioteke i programski okviri, lakoća korišćenja, ekosistem, usvajanje u industriji i kompatibilnost sa rješenjima namijenjenim serverima i rješenjima u oblaku.

## 3) AI modeli u okviru Classic ML i Deep ML

Sa stanovišta Classic ML-a, donosioci odluka treba da daju prioritet proučavanju fundamentalnih modela kao što su linearna regresija, logička regresija i stabla odlučivanja, pošto se oni široko koriste na tržištu rada, traženi su od strane poslodavaca i predstavljaju dobru praksu u AI. Sa stanovišta Deep ML-a, donosioci odluka bi trebalo da se fokusiraju na proučavanje dubokih neuronskih mreža, konvolucionih neuronskih mreža (CNN) i rekurentnih neuronskih mreža (RNN), pošto su ovi modeli stekli značajnu vrijednost na tržištu rada i veoma su cijenjeni. Takođe, poslodavci ih smatraju neophodnim za praćenje trenutnih najboljih praksi u AI.

### G. TENZOR-BAZIRANA REPREZENTACIJA KURSA

Analizom tabele koja sadrži unakrsnu matricu „tema-kompetencija“, vidi se da je kompetentnost formirana realizacijom najvećeg broja tema kompetencija  $C_4$ . Da bi se razvila ova kompetencija, potrebno je implementirati skoro sve teme ( $T_1$ - $T_{12}$ ) osim teme  $T_8$ .

Uzimajući u obzir unakrsnu matricu „modul-kompetencija“, može se vidjeti da postizanje  $C_6$  kompetencija treba ostvariti kroz realizaciju skoro svih modula ( $M_1$ - $M_{12}$ ) osim  $M_1$  i  $M_3$ .

Na osnovu analize prikazane u tabelama 13-24, evidentno je da moduli i teme imaju značajnu korelaciju. Rezultati ukazuju na sljedeće veze između kompetencija i obrazovnih komponenti (tema):

- Kompetencija  $C_1$  može se razviti primjenom  $T_1$  zajedno sa modulima  $M_1, M_2, M_3$ , i  $M_{12}$ .
- Za razvoj kompetencije  $C_2$ , preporučuje se implementacija  $T_1$  u sprezi sa modulima  $M_2, M_5$ , i  $M_{12}$ .
- Za sticanje kompetencije  $C_3$ , preporučljivo je preduzeti  $T_1, T_5, T_{12}$  i koristiti module  $M_2$  i  $M_8$ .
- Kompetencija  $C_4$  može se efikasno podučavati kroz realizaciju  $T_2, T_3, T_4, T_{12}$  kod većine modula, osim za  $M_8$ .
- Za sticanje kompetencije  $C_5$ , potrebno je koristiti  $T_1, T_3$  i koristiti module  $M_6$  do  $M_{12}$ .
- Razvoj kompetencije  $C_6$  zahtijeva implementaciju  $T_2, T_4$ - $T_{12}$ , kao i korišćenje modula  $M_6$ - $M_{12}$ .
- Kompetencija  $C_7$  može se efikasno postići kroz realizaciju  $T_1, T_3, T_6$ - $T_{11}$  i korišćenjem modula  $M_6$ - $M_{12}$ .
- Za sticanje kompetencije  $C_8$ , preporučljivo je preduzeti  $T_1, T_3, T_4, T_6$ - $T_{11}$  i koristiti module  $M_6$ - $M_{12}$ .
- Kompetencija  $C_9$  može se steći preduzimanjem  $T_4, T_6$ - $T_{11}$  i korišćenje modula  $M_6$ - $M_{12}$ .
- Da se razvije kompetencija  $C_{10}$ , savjetuje se da se preduzmu  $T_4, T_6$ - $T_{11}$  i koristiti module  $M_6$ - $M_{12}$ .
- Razvoj kompetencije  $C_{11}$  zahtijeva sprovođenje  $T_6$ - $T_{11}$  kod većine modula, osim za  $M_8$ .
- Za postizanje kompetencije  $C_{12}$ , preporučuje se implementacija  $T_6$ - $T_{11}$  kod modula  $M_6, M_7$ , i  $M_9$ - $M_{12}$ .

## VI. ZAKLJUČAK

Studija je uspješno razvila sveobuhvatan pristup za dizajniranje kursa za AAI u kontekstu visokog obrazovanja. Ovaj pristup je zasnovan na pedagoškim pristupima zasnovanim na dokazima i prati principe obrazovanja zasnovanog na kompetencijama i inovativnoj pedagogiji.

Istraživanje je sprovedeno kroz detaljan pregled AAI putem grupisanja ključnih riječi, uključujući podatke iz anketa, ponuda za posao, postojećih kurseva za AI obuku, naučnih projekata i realnih slučajeva primjene AI. Analiza tekstualnih





TABELA 14. Unakrsna matrica za relaciju „tema-modul“ prema kompetenciji C<sub>2</sub>

	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	M <sub>5</sub>	M <sub>6</sub>	M <sub>7</sub>	M <sub>8</sub>	M <sub>9</sub>	M <sub>10</sub>	M <sub>11</sub>	M <sub>12</sub>
T <sub>1</sub>	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
T <sub>2</sub>	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
T <sub>3</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T <sub>5</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T <sub>6</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T <sub>7</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T <sub>8</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T <sub>9</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T <sub>10</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T <sub>11</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T <sub>12</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TABELA 15. Unakrsna matrica za relaciju „tema-modul“ prema kompetenciji C<sub>3</sub>

	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	M <sub>5</sub>	M <sub>6</sub>	M <sub>7</sub>	M <sub>8</sub>	M <sub>9</sub>	M <sub>10</sub>	M <sub>11</sub>	M <sub>12</sub>
T <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T <sub>2</sub>	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
T <sub>3</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T <sub>5</sub>	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
T <sub>6</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T <sub>7</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T <sub>8</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T <sub>9</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T <sub>10</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T <sub>11</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T <sub>12</sub>	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

TABELA 16. Unakrsna matrica za relaciju "tema-modul" prema kompetenciji C<sub>4</sub>

	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	M <sub>5</sub>	M <sub>6</sub>	M <sub>7</sub>	M <sub>8</sub>	M <sub>9</sub>	M <sub>10</sub>	M <sub>11</sub>	M <sub>12</sub>
T <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T <sub>2</sub>	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
T <sub>3</sub>	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
T <sub>4</sub>	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
T <sub>5</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T <sub>6</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T <sub>7</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T <sub>8</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T <sub>9</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T <sub>10</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T <sub>11</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T <sub>12</sub>	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1



TABELA 20. Unakrsna matrica za relaciju „tema-modul“ prema kompetenciji C<sub>8</sub>

	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	M <sub>5</sub>	M <sub>6</sub>	M <sub>7</sub>	M <sub>8</sub>	M <sub>9</sub>	M <sub>10</sub>	M <sub>11</sub>	M <sub>12</sub>
T <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
T <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T <sub>3</sub>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1
T <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
T <sub>5</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T <sub>6</sub>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
T <sub>7</sub>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
T <sub>8</sub>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
T <sub>9</sub>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
T <sub>10</sub>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
T <sub>11</sub>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
T <sub>12</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TABELA 21. Unakrsna matrica za relaciju „tema-modul“ prema kompetenciji C<sub>9</sub>

	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	M <sub>5</sub>	M <sub>6</sub>	M <sub>7</sub>	M <sub>8</sub>	M <sub>9</sub>	M <sub>10</sub>	M <sub>11</sub>	M <sub>12</sub>
T <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T <sub>3</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
T <sub>5</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T <sub>6</sub>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
T <sub>7</sub>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
T <sub>8</sub>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
T <sub>9</sub>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
T <sub>10</sub>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
T <sub>11</sub>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
T <sub>12</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TABELA 22. Unakrsna matrica za relaciju „tema-modul“ prema kompetenciji C<sub>10</sub>

	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	M <sub>5</sub>	M <sub>6</sub>	M <sub>7</sub>	M <sub>8</sub>	M <sub>9</sub>	M <sub>10</sub>	M <sub>11</sub>	M <sub>12</sub>
T <sub>1</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T <sub>2</sub>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
T <sub>3</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
T <sub>5</sub>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
T <sub>6</sub>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
T <sub>7</sub>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
T <sub>8</sub>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
T <sub>9</sub>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
T <sub>10</sub>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
T <sub>11</sub>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
T <sub>12</sub>	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1



Co-funded by  
the European Union

**TABELA 23.** Unakrsna matrica za relaciju "tema-modul" prema kompetenciji  $C_{11}$

	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_4$	$M_5$	$M_6$	$M_7$	$M_8$	$M_9$	$M_{10}$	$M_{11}$	$M_{12}$
$T_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$T_2$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$T_3$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$T_4$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$T_5$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$T_6$	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
$T_7$	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
$T_8$	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
$T_9$	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
$T_{10}$	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
$T_{11}$	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
$T_{12}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**TABELA 24.** Unakrsna matrica za relaciju "tema-modul" prema kompetenciji  $C_{12}$

	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_4$	$M_5$	$M_6$	$M_7$	$M_8$	$M_9$	$M_{10}$	$M_{11}$	$M_{12}$
$T_1$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$T_2$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$T_3$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$T_4$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$T_5$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$T_6$	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1
$T_7$	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1
$T_8$	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1
$T_9$	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1
$T_{10}$	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1
$T_{11}$	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1
$T_{12}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

## REFERENCE

- [1] Faai job hub – the future is in applied artificial intelligence 2022-1-pl01- ka220-hed-000088359. <https://faai.ath.edu.pl/>. (Poslednji pristup 07/04/2023).
- [2] Chaomei Chen, Fidelia Ibekwe-SanJuan, and Jianhua Hou. The structure and dynamics of cocitation clusters: A multiple-perspective cocitation analysis. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 61(7):1386–1409, March 2010.
- [3] Fabiano Bini, Andrada Pica, Laura Azzimonti, Alessandro Giusti, Lorenzo Ruinelli, Franco Marinozzi, and Pierpaolo Trimboli. Artificial intelligence in thyroid field—a comprehensive review. *Cancers*, 13(19):4740, September 2021.
- [4] Farzad V. Farahani, Krzysztof Fiok, Behshad Lahijanian, Waldemar Karwowski, and Pamela K. Douglas. Explainable AI: A review of applications to neuroimaging data. *Frontiers in Neuroscience*, 16, December 2022.
- [5] Onur Dogan, Sanju Tiwari, M. A. Jabbar, and Shankru Guggari. A systematic review on AI/ML approaches against COVID-19 outbreak. *Complex & Intelligent Systems*, 7(5):2655–2678, July 2021.
- [6] Vijay Kumar, Dilbag Singh, Manjit Kaur, and Robertas Damaševičius. Overview of current state of research on the application of artificial intelligence techniques for COVID-19. *PeerJ Computer Science*, 7:e564, May 2021.
- [7] Zhuoqing Chang, Shubo Liu, Xingxing Xiong, Zhaohui Cai, and Guoqing Tu. A survey of recent

- advances in edge-computing-powered artificial intelligence of things. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(18):13849–13875, September 2021.
- [8] Muddasar Naeem, Syed Tahir Hussain Rizvi, and Antonio Coronato. A gentle introduction to reinforcement learning and its application in different fields. *IEEE Access*, 8:209320–209344, 2020.
  - [9] Rohan Gupta, Devesh Srivastava, Mehar Sahu, Swati Tiwari, Rashmi K. Ambasta, and Pravir Kumar. Artificial intelligence to deep learning: machine intelligence approach for drug discovery. *Molecular Diversity*, 25(3):1315–1360, April 2021.
  - [10] Jingyi Zhao and Guifang Fu. Artificial intelligence-based family health education public service system. *Frontiers in Psychology*, 13, May 2022.
  - [11] Bui Hoang Bac, Hoang Nguyen, Nguyen Thi Thanh Thao, Vo Thi Hanh, Le Thi Duyen, Nguyen Tien Dung, Nguyen Khac Du, and Nguyen Huu Hiep. Estimating heavy metals absorption efficiency in an aqueous solution using nanotube-type halloysite from weathered pegmatites and a novel Harris hawks optimization-based multiple layers perceptron neural network. *Engineering with Computers*, 38(S5):4257–4272, July 2021.
  - [12] Yann LeCun, Yoshua Bengio, and Geoffrey Hinton. Deep learning. *Nature*, 521(7553):436–444, May 2015.
  - [13] Karen Simonyan and Andrew Zisserman. Very deep convolutional networks for large-scale image recognition, 2014.
  - [14] Volodymyr Mnih, Koray Kavukcuoglu, David Silver, Andrei A. Rusu, Joel Veness, Marc G. Bellemare, Alex Graves, Martin Riedmiller, Andreas K. Fidjeland, Georg Ostrovski, Stig Petersen, Charles Beattie, Amir Sadik, Ioannis Antonoglou, Helen King, Dharshan Kumaran, Daan Wierstra, Shane Legg, and Demis Hassabis. Human-level control through deep reinforcement learning. *Nature*, 518(7540):529–533, February 2015.
  - [15] Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, and Aaron Courville. *Deep learning*. MIT press, 2016.
  - [16] Jürgen Schmidhuber. Deep learning in neural networks: An overview. *Neural Networks*, 61:85–117, January 2015.
  - [17] Olga Russakovsky, Jia Deng, Hao Su, Jonathan Krause, Sanjeev Satheesh, Sean Ma, Zhiheng Huang, Andrej Karpathy, Aditya Khosla, Michael Bernstein, Alexander C. Berg, and Li Fei-Fei. ImageNet large scale visual recognition challenge. *International Journal of Computer Vision*, 115(3):211–252, April 2015.
  - [18] Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever, and Geoffrey E. Hinton. ImageNet classification with deep convolutional neural networks. *Communications of the ACM*, 60(6):84–90, May 2017.
  - [19] David Silver, Aja Huang, Chris J. Maddison, Arthur Guez, Laurent Sifre, George van den Driessche, Julian Schrittwieser, Ioannis Antonoglou, Veda Panneershelvam, Marc Lanctot, Sander Dieleman, Dominik Grewe, John Nham, Nal Kalchbrenner, Ilya Sutskever, Timothy Lillicrap, Madeleine Leach, Koray Kavukcuoglu, Thore Graepel, and Demis Hassabis. Mastering the game of go with deep neural networks and tree search. *Nature*, 529(7587):484–489, January 2016.
  - [20] Joelle Elmaleh and Venky Shankararaman. Improving student learning in an introductory programming course using flipped classroom and competency framework. In *2017 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, pages 49–55, 2017.
  - [21] Manus Ross, Corey A. Graves, John W. Campbell, and Jung H. Kim. Using support vector machines to classify student attentiveness for the development of personalized learning systems. In *2013 12th International Conference on Machine Learning and Applications*, volume 1, pages 325–328, 2013.
  - [22] Shah Neyamat Ullah. Examples of authentic assessments in engineering education. In *2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, pages 894–897, 2020.
  - [23] Jose Louie Mark Z. Ano, Geoffrey A. Solano, John Arthur P. Hernan, and Ronalyn Grace Francisco. Warp: A workflow-aware instructional platform for competency-based learning. In *2019 10th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA)*, pages 1–4, 2019.
  - [24] Arman Raj, Vandana Sharma, Seema Rani, Tanya Singh, Ankit Kumar Shanu, and Ahmed Alkhatyat. Demystifying and analysing metaverse towards education 4.0. In *2023 3rd International Conference on Innovative Practices in Technology and Management (ICIPTM)*, pages 1–6, 2023.
  - [25] Promoting competency-based learning | sertifier. <https://sertifier.com/blog/promoting-competency-based-learning/>. (Accessed on 06/30/2023).
  - [26] Michael Schumm, Saskia Joseph, Irmgard Schroll-Decker, Michael Niemetz, and Jürgen Mottok. Required competences in software engineering: Pair programming as an instrument for facilitating life-long learning. In *2012 15th International Conference on Interactive Collaborative Learning (ICL)*, pages 1–5, 2012.
  - [27] Davy Tsz Kit Ng, Min Lee, Roy Jun Yi Tan, Xiao Hu, J. Stephen Downie, and Samuel Kai Wah Chu. A review of AI teaching and learning from 2000 to 2020. *Education and Information Technologies*, 28(7):8445–8501,



Co-funded by  
the European Union

- December 2022.
- [28] Thomas K. F. Chiu, Helen Meng, Ching-Sing Chai, Irwin King, Savio Wong, and Yeung Yam. Creation and evaluation of a pretertiary artificial intelligence (AI) curriculum. *IEEE Transactions on Education*, 65(1):30–39, February 2022.
- [29] Becky Allen, Andrew Stephen McGough, and Marie Devlin. Toward a framework for teaching artificial intelligence to a higher education audience. *ACM Transactions on Computing Education*, 22(2):1–29, November 2021.
- [30] Computing competencies for undergraduate data science curricula. [https://www.acm.org/binaries/content/assets/education/curricula-recommendations/dstf\\_cdsc2021.pdf](https://www.acm.org/binaries/content/assets/education/curricula-recommendations/dstf_cdsc2021.pdf). (Accessed on 07/05/2023).
- [31] Matthew L. Jockers. *Text Analysis with R for Students of Literature*. Springer International Publishing, 2014.
- [32] Cristian Felix, Steven Franconeri, and Enrico Bertini. Taking word clouds apart: An empirical investigation of the design space for keyword summaries. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 24(1):657–666, January 2018.
- [33] Stamatios Giannoulakis and Nicolas Tsapatsoulis. Topic identification via human interpretation of word clouds: The case of instagram hashtags. In *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, pages 283–294. Springer International Publishing, 2021.
- [34] Shaher H. Zyoud and Daniela Fuchs-Hanusch. A bibliometric-based survey on ahp and topsis techniques. *Expert Systems with Applications*, 78:158–181, 2017.
- [35] M. Raissi, P. Perdikaris, and G.E. Karniadakis. Physics-informed neural networks: A deep learning framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear partial differential equations. *Journal of Computational Physics*, 378:686–707, February 2019.
- [36] Geoffrey Hinton, Li Deng, Dong Yu, George Dahl, Abdel rahman Mohamed, Navdeep Jaitly, Andrew Senior, Vincent Vanhoucke, Patrick Nguyen, Tara Sainath, and Brian Kingsbury. Deep neural networks for acoustic modeling in speech recognition: The shared views of four research groups. *IEEE Signal Processing Magazine*, 29(6):82–97, November 2012.