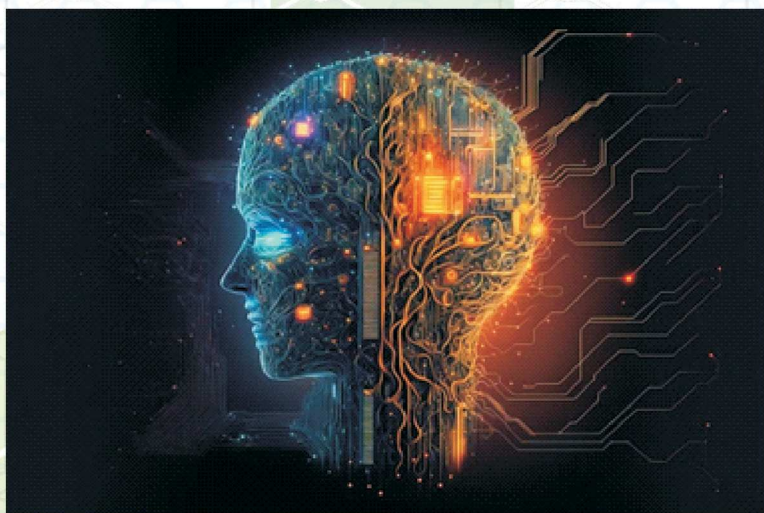




САВЕЗ ИНЖЕЊЕРА И ТЕХНИЧАРА СРБИЈЕ
ИНЖЕЊЕРСКА АКАДЕМИЈА СРБИЈЕ

Научна конференција
ВЕШТАЧКА ИНТЕЛИГЕНЦИЈА -
ПРАКТИЧНА ПРИМЕНА И
ИЗАЗОВИ
Зборник радова



Београд
13. децембар 2024.



САВЕЗ ИНЖЕЊЕРА И ТЕХНИЧАРА СРБИЈЕ

ИНЖЕЊЕРСКА АКАДЕМИЈА СРБИЈЕ

**Научна конференција
са међународним учешћем**

**ВЕШТАЧКА ИНТЕЛИГЕНЦИЈА -
ПРАКТИЧНА ПРИМЕНА И ИЗАЗОВИ**

Зборник радова

Београд, 13. децембар 2024.

Издавач:

Савез инжењера и техничара Србије, Београд

За издавача:

Мр Богдан Влаховић, дипл. инж.

Програмски одбор:

Емеритус проф. др Илија Ћосић, др Радослав Раковић, проф. др Стеван Станковски, др Саша Милић, проф. др Борис Думнић, проф. др Милан Николић, проф. др Властимир Николић, проф. др Марко Милојковић, проф. др Милош Симоновић, академик проф. др Исак Карабеговић, проф. др Бранко Каталинић, др Мирослав Сокић, проф. др Горан Путник, проф. др Васо Манојловић, др Милован Живковић, проф. др Снежана Урошевић

Организациони одбор:

Мр Богдан Влаховић, емеритус проф. др Илија Ћосић, др Радослав Раковић, др Гвозден Јовановић, Оливера Ћосовић, MSc, Оља Јовичић, Маријана Михајловић

Рецензенти:

др Радослав Раковић, Инжењерска академије Србије, Београд
проф. др Стеван Станковски, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад

Емеритус проф. др Наташа Госпић, Инжењерска академија Србије, Београд
Емеритус проф. др Илија Ћосић, Инжењерска академија Србије, Београд

Уређивачки одбор:

Проф. др Снежана Урошевић, Савез инжењера и техничара Србије, Београд
Др Мирјана Стојановић, Инжењерска академија Србије, Београд
Проф. др Василије Исајев, Инжењерска академија Србије, Београд
Др Радослав Раковић, Инжењерска академија Србије, Београд

Главни и одговорни уредник:

Др Радослав Раковић, Инжењерска академија Србије, Београд

Лектура и коректура:

Оливера Ћосовић, MSc

Технички уредник:

Оља Јовичић, дипл. прав.

Штампа: Академска издања, Београд

ISBN: 978-86-82563-31-0

Година издавања: 2024.

Тираж: 150 примерака

ОРГАНИЗАТОРИ

**Савез инжењера и техничара Србије
Инжењерска академија Србије**



СУОРГАНИЗАТОРИ

Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду

Машински факултет, Универзитет у Нишу

Технички факултет „Михајло Пупин“, Зрењанин

Универзитет у Новом Саду

Институт за технологију нуклеарних и других
минералних сировина, Београд

ПОД ПОКРОВИТЕЉСТВОМ

Министарства науке, технолошког развоја и иновација
Републике Србије

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

004.896(082)

НАУЧНА конференција са међународним
учешћем Вештачка интелигенција -
практична примена и изазови (2024 ;
Београд)

Зборник радова / Научна конференција са међународним
учешћем Вештачка интелигенција - практична примена и изазови,
Београд, 13. децембар 2024. ; [организатори] Савез инжењера и
техничара Србије [и] Инжењерска академија Србије ;
[суорганизатори Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких
наука ... [и др.]] ; [главни и одговорни уредник Радослав Раковић]. -
Београд : Савез инжењера и техничара Србије, 2024 (Београд :
Академска издања). -
130 стр. : илустр. ; 24 cm

Текст ћир. и лат. - Тираж 150. -
Библиографија уз сваки зборник. - Abstracts.

ISBN 978-86-82563-31-0

а) Вештачка интелигенција -- Зборници

COBISS.SR-ID 157729801

УВОДНА РЕЧ

Вештачка интелигенција (енгл. *Artificial Intelligence*) је последњих година постала једна од веома интересантних тема, како на светском нивоу тако и код нас. Широј јавности мање је познато да је вештачка интелигенција почела да се примењује још у току II светског рата кроз успостављање основа неуронских мрежа (енгл. *Neural Networks*) 1943. године и роботике (енгл. *Robotics*) 1945. године, да би сам појам вештачке интелигенције први пут био употребљен 1956. године (John McCarthy, Carnegia Mellon University). У другој половини XX века развиле су се области као што су машинско учење (енгл. *Machine Learning*) и експертни системи (енгл. *Expert Systems*), а прво рачунарски контролисано аутономно возило појавило се 1979. године. Широј јавности тема је постала интересантна 1997. године када је актуелни светски првак у шаху Гари Каспаров изгубио партију од рачунарског програма The Deep Blue Chess.

Оно што је значајно допринело актуелном интересовању за област вештачке интелигенције јесу два важна момента. Један је свакако буран развој рачунарских технологија, које су омогућиле брзу обраду великих количина података (енгл. *Big Data*), па је концепт вештачке интелигенције, успостављен пре више од 70 година, могао да се примени у свом пуном капацитету. Са друге стране, човек је све више постајао свестан да развој технологија доноси, са једне стране значајне погодности у свакодневном раду, како професионалном тако и приватном, али да има и неке негативне последице, што се посебно манифестовало у областима безбедности информација и угрожавања личних података. Уз то, појавио се страх код људи да би могли да буду замењени машинама у блиској будућности.

Основна идеја скупа, који су заједнички организовали Савез инжењера и техничара Србије (СИТС) и Инжењерска академија Србије (ИАС), била је да се оствари увид у једну овако комплексну област као што је вештачка интелигенција на прегледан и свеобухватан начин, посебно из угла њене примене у Републици Србији.

Теме су груписане у три основне целине:

- Глобални увид у област вештачке интелигенције (ВИ) кроз приказ техника и технологија ВИ, међународних ISO стандарда који разматрају област ВИ као и стратегије развоја ВИ у Републици Србији у наредном периоду
- Практична примена ВИ у различитим областима
- Разматрање спремности нашег друштва за примену ВИ, изазови које она доноси, као и етичка питања која је неопходно решавати.

Настојали смо да у свакој од целина пронађемо компетентне предаваче који се овом облашћу баве. Надамо се да ће њихови радови бити довољно инспиративни за учеснике скупа да се кроз дискусију размене искуства и унапреде сазнања свих нас о овој веома актуелној области.

Добро дошли!

ПРОГРАМСКИ И ОРГАНИЗАЦИОНИ ОДБОР

Београд, 13.12.2024. године

САДРЖАЈ

<i>Саша Милић</i>	
Вештачка интелигенција у паметним срединама	9
<i>Радослав Раковић</i>	
Вештачка интелигенција и ISO стандарди	19
<i>Урош Полуѓа</i>	
Регулаторни оквир за примену ВИ у Републици Србији	31
<i>Ненад Филиповић</i>	
Примена вештачке интелигенције у дијагностици и терапији кардиоваскуларних обољења	43
<i>Снежана Тадић, Младен Крстић, Милош Вељовић, Милован Ковач</i>	
Људска и вештачка интелигенција у функцији логистике	55
<i>Никола Јелисавац</i>	
Ghat GPT: Откријте магију великих језичких модела	69
<i>Горан Путник, Luis Ferreira, Vijaya Kumar Manupati, Pedro Pinheiro, Leonilde Varela, Catia Alves</i>	
Intelligent Cyber-physical Systems for Manufacturing.....	81
<i>Марко Милојковић, Властимир Николић, Саша Николић, Станиша Перић</i>	
Образовање у области примењене вештачке интелигенције засновано на компетенцијама	95
<i>Стеван Станковски, Гордана Остојић</i>	
Колико смо спремни за примену вештачке интелигенције?	109
<i>Мирјана Ивановић, Радослав Раковић</i>	
Изазови за примену вештачке интелигенције и етичка питања	119

VEŠTAČKA INTELIGENCIJA U PAMETNIM SREDINAMA

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE SMART ENVIRONMENTS

SAŠA MILIĆ¹

Pregledni rad
DOI: 10.5937/VI24009M

Rezime: Veštačka inteligencija i mašinsko učenje postali su ključni faktori u razvoju pametnih industrijskih pogona i Industrijskog Interneta stvari (IIoT) u industrijskim revolucijama 4.0 i 5.0, trasirajući razvojni put budućih pametnih sredina. Njihova primena omogućava efikasniju obradu podataka, klasterizaciju i klasifikaciju, regresionu analizu i predikciju, prediktivno održavanje i optimizaciju industrijskih procesa. U ovom radu razmatramo upotrebu različitih algoritama i modela mašinskog učenja, poput rekurentnih neuronskih mreža (RNN, LSTM i GRU) i konvolucijskih neuronskih mreža. Poseban fokus je stavljen na prikaz naprednih modela autoenkodera, uključujući konvolucijske autoenkodere i varijacione autoenkodere.

Ključne reči: mašinsko učenje, Industrijski Internet stvari (IIoT), rekurentne neuronske mreže, konvolucijski autoenkoder, varijacioni autoenkoder

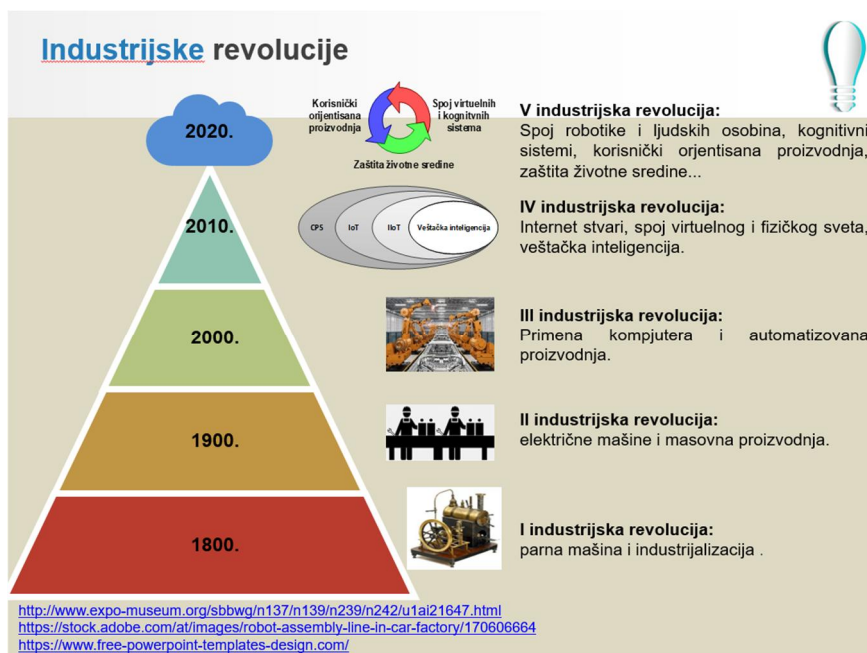
Abstract: Artificial intelligence (AI) and machine learning (ML) have become key factors in the development of smart industrial plants and the Industrial Internet of Things (IIoT) in the context of the 4.0 and 5.0 industrial revolutions, paving the way for future smart environments. Their application enables more efficient data processing, clustering and classification, regression analysis and prediction, predictive maintenance, and optimization of industrial processes. In the paper, we consider the use of a few machine learning algorithms and models, such as recurrent neural networks (RNN, LSTM, and GRU) and convolutional neural networks (CNN). Special focus is placed on advanced autoencoder models, including convolutional and variational autoencoders

Key Words: Machine learning, Industrial Internet of Things (IIoT), recurrent neural networks, convolutional autoencoder, variational autoencoder

¹ Saša Milić, Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički institut „Nikola Tesla“, Koste Glavinića 8a, Beograd, s-milic@ieent.org, ORCID: 0000-0001-5757-3430

1. Uvod

Industrijske revolucije su svojevrsan pokazatelj razvoja ljudskog društva (slika 1) [1]. Industrija 4.0 era je započela sredinom 2010-ih, odnosi se na digitalizaciju i automatizaciju proizvodnih procesa kroz primenu novih tehnologija kao što su veštačka inteligencija (AI), Internet stvari (IoT), robotika, Big Data, simulacije, autonomni sistemi i pametne fabrike. Njena suština je integracija fizičkog i digitalnog sveta, omogućavajući efikasnije i fleksibilnije proizvodne procese. Težište Industrije 4.0 je na digitalizaciji i primeni veštačke inteligencije u skoro svim tehnološkim oblastima sa ciljem povećanja efikasnosti proizvodnje. Početkom 2021. godine, Evropska komisija je predložila koncept „Industrije 5.0“, koji dopunjuje postojeću paradigmu „Industrije 4.0“. Cilj Industrije 5.0 je uspostavljanje harmonične saradnje između ljudi i mašina, koristeći prednosti tehnologije da bi se povećala kreativnost i dodala vrednost ljudskom radu.



Slika 1. Industrijske revolucije

Industrije 4.0 i 5.0 dele zajedničku viziju – unapređenje proizvodnih procesa i poboljšanje kvaliteta proizvoda uz korišćenje tehnologije. Međutim, dok se Industrija 4.0 fokusira na autonomne sisteme i efikasnost, Industrija 5.0 vraća čoveka u središte procesa i promovise sinergiju između tehnologije i ljudskog doprinosa.

Današnja industrija se, u svim svojim granama, sve više oslanja na primenu veštačke inteligencije (AI) kako bi unapredila efikasnost, smanjila troškove i povećala produktivnost. Pametni industrijski pogoni kombinuju napredne tehnologije poput Industrijskog Interneta stvari (Industrial Internet of Things - IoT), veštačke inteligencije (Artificial Intelligence - AI), mašinskog učenja (Machine Learning - ML) i automatike i robotike, kako bi stvorili pametne sisteme koji mogu da samostalno donose odluke. Ovi pogoni transformišu tradicionalne industrijske procese, omogućavajući preduzećima da optimizuju proizvodnju, predvide kvarove i donose brze odluke zasnovane na podacima, u realnom ili kvazi-realnom vremenu.

2. Industrijski internet stvari (IIoT)

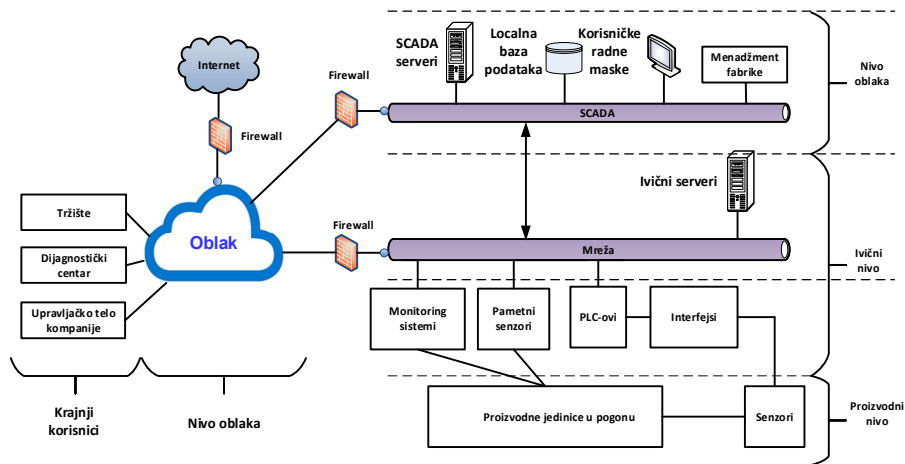
Internet stvari (engl. *Internet of Things - IoT*) je spoj virtuelnog i fizičkog prostora gde se izvodi veliki broj merenja, a zatim se ovi rezultati merenja obrađuju u računarskim aplikacijama i čuvaju u bazama podataka. Cilj IoT-a je unapređenje postojećih i pružanje novih usluga u različitim oblastima života, kako bi se poboljšao kvalitet života i smanjili troškovi. IoT se može opisati kao mreža uređaja povezanih na Internet, koja omogućava veliki protok podataka između senzora, aplikacija i korisnika. [2].

Industrijski internet stvari (engl. *Industrial Internet of Things – IIoT*) je upotreba IoT tehnologije u proizvodnji. Danas se IoT i IIoT ubrzano razvijaju kao dva odvojena naučno-tehnološka pravca, iako će njihova međupovezanost ostati osnova razvoja budućeg sveprisutnog pametnog okruženja (engl. *Smart Environments*).

IIoT ima potpuno integrisane informacione tehnologije (IT) i operativne tehnologije (OT). Svi IIoT koncepti mogu se klasifikovati u tri kategorije [3]: otvoreni (ravanski) koncept, hibridni (poluvertikalni) koncept i vertikalni koncept.

Otvorena (ravanska) arhitektura podrazumeva direktnu komunikaciju IoT uređaja sa ivičnog nivoa sa centralnim serverom ili oblakom (engl. *Cloud*), gde se svi podaci prikupljaju i obrađuju u oblaku. Ova arhitektura smanjuje kašnjenje, omogućava brže donošenje odluka i poboljšava efikasnost mrežnih resursa.

Vertikalna arhitektura industrijskog IoT sastoji se od tri ključna nivoa - ivica (engl. *Edge*), magla (engl. *Fog*) i oblak (engl. *Cloud*) - koji zajedno omogućavaju efikasno prikupljanje, obradu i analizu podataka u industrijskim okruženjima. Ova trodelna arhitektura omogućava hijerarhijsku obradu podataka i informacija, fleksibilnost i efikasnost u upravljanju, omogućavajući relativno brze odluke, dok istovremeno koristi snagu oblaka za dugoročne i složene analize i predikcije.



Slika 2. Hibridni (poluvertikalni) IIoT koncept [6]

Hibridna višeslojna IIoT koncepcija (slika 2) integriše ravansku i vertikalnu koncepciju pokušavajući da smanji kašnjenja, ali da istovremeno zadrži delimičnu hijerarhijsku obradu podataka i upravljanje [3-5]. Između svakog od navedenih hijerarhijskih nivoa se najčešće nalaze komunikacioni i mrežni zaštitni slojevi sa odgovarajućim softverskim i hardverskim zaštitama.

Na nivou oblaka se vrši centralizovana obrada i skladištenje podataka. Oblak omogućava pristup moćnim resursima za analitiku, mašinsko učenje i dugoročno skladištenje, pružajući globalni pregled podataka i podršku za napredne analize i prediktivne modele.

3. Veštačka inteligencija i mašinsko učenje

Veštačka inteligencija (AI) je oblast računarskih nauka koja se bavi razvojem sistema i algoritama koji mogu izvršavati zadatke na način sličan ljudskoj inteligenciji. Mašinsko učenje (ML) je podgrupa veštačke inteligencije koja se fokusira na razvoj algoritama i modela koji omogućavaju sistemima da „uče“ iz podataka i iskustava, umesto da se direktno programiraju za svaki pojedinačni zadatak.

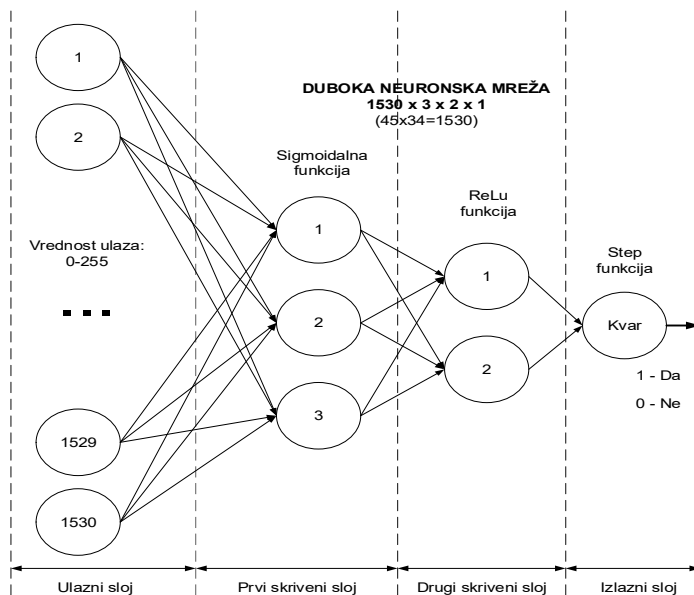
Postoje tri glavna tipa mašinskog učenja:

- Nadzirano učenje: Algoritmi se treniraju na označenim podacima, gde su ulazne vrednosti uparene sa odgovarajućim izlazima. Cilj je da model nauči pravila koja povezuju ulaze i izlaze kako bi mogao da pravilno predviđa izlaze za nove, nepoznate ulazne podatke.
- Nenadzirano učenje: Algoritmi rade sa neoznačenim podacima i pokušavaju da otkriju skrivene strukture ili obrasce u tim podacima.

- Učenje putem potkrepljenja: Algoritmi uče kroz interakciju sa okruženjem, gde se nagrađuju ili kažnjavaju na osnovu svojih odluka.

Neuronske mreže

U savremenom svetu, neuronske mreže se široko primenjuju u različitim oblastima nauke i tehnike, gde god se koristi veštačka inteligencija. Duboke neuronske mreže (slika 3) su vrsta veštačkih neuronskih mreža koje se sastoje od više skrivenih slojeva između ulaznog i izlaznog sloja.



Slika 3. Duboka neuronska mreža sa dva skrivena sloja [1]

Ključna karakteristika dubokih neuronskih mreža je njihova sposobnost da modeliraju nelinearne odnose u podacima kroz višeslojnu arhitekturu i nelinearne aktivacione funkcije.

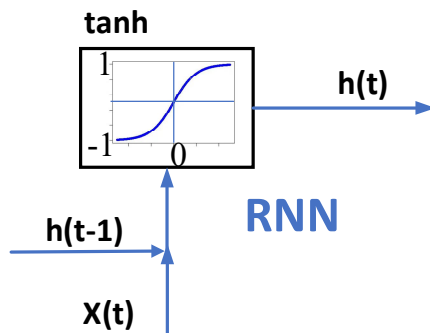
Rekurentne neuronske mreže

Rekurentne neuronske mreže (RNN), Long Short-Term Memory (LSTM) i Gated Recurrent Unit (GRU) su tri glavne arhitekture u dubokom učenju koje se koriste za obradu sekvencijalnih podataka i vremenskih serija podataka. Svaka od ovih arhitektura ima svoje karakteristike i specifične primene.

RNN (Recurrent Neural Networks) rekurentne neuronske mreže

Rekurentne neuronske mreže (RNN, slika 4) su kreirane za obradu sekvencijalnih podataka i vremenskih serija koristeći povratne veze, što omogućava da trenutni izlaz zavisi od izlaza iz prethodnog vremenskog trenutka, čime mreža

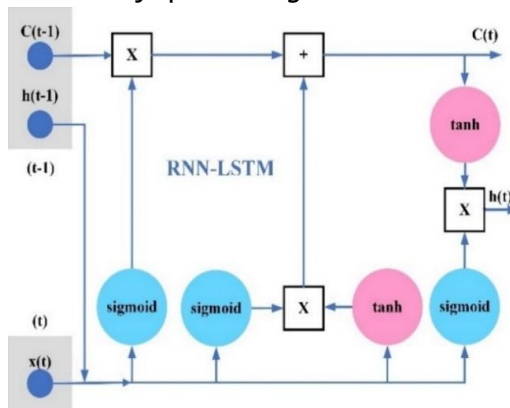
„pamti“ informacije iz ranijih koraka. Međutim, glavna mana standardnih RNN mreža je problem nestajućeg i eksplodirajućeg gradijenata, što otežava učenje dugoročnih zavisnosti u podacima.



Slika 4. RNN rekurentna mreža [7]

LSTM (Long Short-Term Memory) rekurentne neuronske mreže

LSTM rekurentne neuronske mreže (slika 5) su unapređene verzije RNN mreža, dizajnirane da efikasnije pamte dugoročne zavisnosti u podacima.



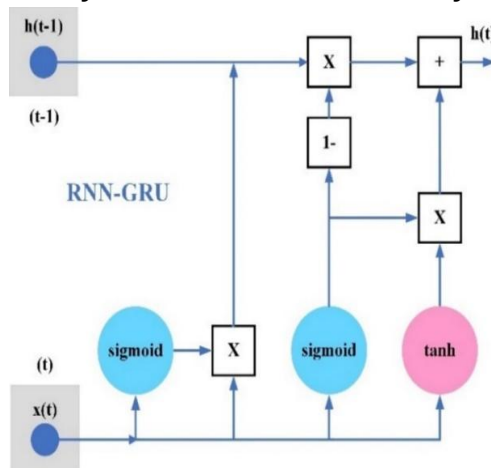
Slika 5. LSTM rekurentna mreža [7]

Ove mreže koriste tri glavne kapije – ulazna, zaboravna i izlazna – koje kontrolišu protok informacija kroz mrežu, omogućavajući bolju regulaciju i očuvanje relevantnih podataka tokom dužih vremenskih sekvenci.

LSTM mreže imaju dodatno stanje ćelije koje omogućava dugoročno pamćenje informacija, čime se rešava problem nestajućeg gradijenta. Zbog toga su veoma korisne za analizu i predikciju sekvencijalnih podataka, poput vremenskih serija, jezika, audio i video sekvenci. Koriste se u različitim oblastima, uključujući prevođenje jezika, analizu sentimenta i generisanje teksta.

GRU (Gated Recurrent Unit) rekurentne neuronske mreže

GRU rekurentne neuronske mreže (slika 6) su pojednostavljena verzija LSTM-a, sa dva kapije – *Reset* i *Update*. Za razliku od LSTM-a, nemaju odvojeno stanje ćelije, što ih čini manje složenim i bržim za treniranje.

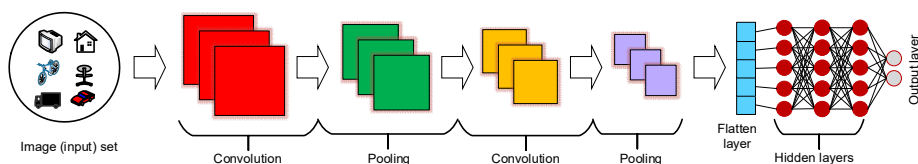


Slika 6. GRU rekurentna mreža [7]

GRU mreže često postižu slične performanse kao LSTM, ali koriste manje parametara, što može rezultirati bržim treniranjem. Koriste se za slične zadatke kao LSTM, poput obrade prirodnog jezika i predikcije vremenskih serija. Zbog svoje efikasnosti, GRU su posebno pogodne za aplikacije koje zahtevaju brzu obradu podataka u realnom vremenu.

4. Konvolucijske neuronske mreže (*Convolutional Neural Network*)

Konvolucijske neuronske mreže (CNN) su specijalizovane za obradu strukturiranih i višedimenzionalnih podataka kao što su slike i multivarijantne vremenske serije. CNN (slika 7) se sastoje od različitih slojeva, uključujući konvolucijske slojeve koji koriste filtere za prepoznavanje lokalnih obrazaca poput ivica i tekstura u slikama.

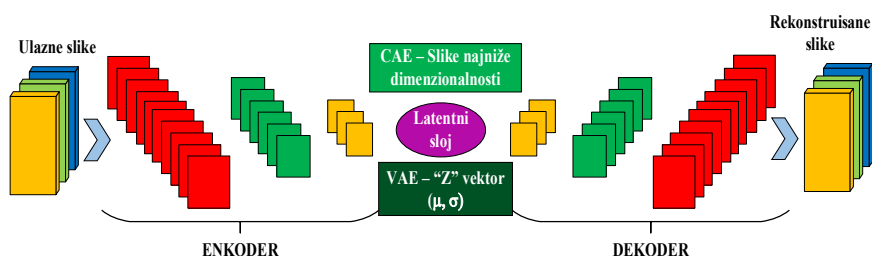


Slika 7. CNN konvolucijska neuronska mreža [8]

Filteri se pomeraju preko slike i primenjuju konvoluciju uz aktivacijske funkcije poput ReLU, koja pomaže u očuvanju pozitivnih vrednosti i ubrzava konvergenciju mreže. Puling sloj smanjuje dimenzije podataka kako bi se smanjilo računarsko opterećenje i broj parametara u mreži. Ravnajući sloj pretvara podatke u jednodimenzionalni niz koji se koristi kao ulaz za potpuno povezanu neuronsku mrežu za donošenje odluka. Izlazi CNN-a mogu biti klasifikacioni ili regresioni, zavisno od prirode problema.

5. Konvolucijski i varijacioni autoenkoderi

Autoenkoderi su posebna vrsta neuronskih mreža koja se koristi za generativno modeliranje i rekonstrukciju podataka. Ovo su nenadzirani modeli koji uče kako da komprimuju i rekonstruišu ulazne podatke tako što prolaze kroz latentni prostor ili sloj (slika 8).



Slika 8. Arhitektura autoenkodera (CEA i VAE)

Konvolucijski autoenkoderi (CAE) su specijalizovana verzija autoenkodera optimizovana za rad sa slikama. Umesto klasičnih potpuno povezanih slojeva, CAE koristi konvolucijske slojeve koji bolje prepoznaju prostorne odnose u slikama. Ovi slojevi pomažu mreži da efikasno komprimuje slike, zadržavajući ključne karakteristike. CAE se sastoji od dva glavna dela:

- Enkoder: Ulazna slika prolazi kroz konvolucijske slojeve koji koriste aktivacijske funkcije (npr. ReLU) i smanjuju dimenzije slike putem max pooling-a, zadržavajući ključne informacije i uklanjajući suvišne.
- Dekoder: Podaci iz latentnog prostora, koji predstavlja komprimovanu sliku, prolaze kroz dekonvolucijske slojeve kako bi se rekonstruisala originalna slika.

Varijacioni autoenkoderi (VAE) su probablistička verzija autoenkodera koja se fokusira na generisanje novih podataka sličnih ulaznim, ali ne identičnih, koristeći raspodelu u latentnom prostoru. VAE kombinuje principe autoenkodera sa probablističkim modeliranjem, stvarajući latentni prostor sa raspodelom verovatnoće koja omogućava generisanje novih podataka.

6. Zaključak

Današnja tranzicija između industrijskih revolucija 4.0 i 5.0 je oslikana velikim promenama u strategijama i konceptima, kako upravljanja i odlučivanja, tako i procesima obrade podataka i automatizovanom donošenju odluka. Spoj fizičkog i virtualnog prostora, predstavljen u Internetu stvari, je od futurističke ideje, postao realnost. Sa druge strane, tehnike i tehnologije industrijskog koncepta Interneta stvari se svakim danom unapređuje snažnim i brzim uplivom tehnika i tehnologija oslonjenih na veštačku inteligenciju.

Veštačka inteligencija i mašinsko učenje donose revoluciju u pametnim industrijskim pogonima, omogućavajući naprednu analizu podataka, optimizaciju procesa i predikciju kvarova. Primena rekurentnih RNN, LSTM i GRU mreža u analizi vremenskih serija, kao i konvolucijskih CNN, CAE i VAE mreža i autoenkodera u obradi slika i generisanju podataka, postavlja temelje za budući razvoj pametnih industrijskih sistema. Prikazani modeli i algoritmi omogućavaju efikasnije korišćenje resursa, poboljšanje sigurnosti i smanjenje operativnih troškova, što doprinosi značajnom unapređenju modernih i budućih „pametnih“ industrijskih postrojenja.

Buduća istraživanja trebalo bi usmeriti na razvoj praktično primenljivih algoritama i modela mašinskog učenja sa ciljem njihove primene za unapređenje procesa predikcije, klasterizacije i klasifikacije u industrijskim i elektro-energetskim pogonima.

7. Literatura

- [1] Milić S, Primena veštačke inteligencije u industrijskom internetu stvari, *Seminar on Computer Science and Applied Mathematics*, Belgrade, Republic of Serbia, predavanje po pozivu u Matematičkom institutu SANU, pod pokroviteljstvom IEEE Chapter Computer Science (CO-16) Belgrade, Republic of Serbia, 29.11.2022.
- [2] Milić S, Veinović S, Ponjavić M, Industrial Internet of Things (IIoT) – Strategies and Concepts, *Proceedings of XIX International Symposium Infoteh-Jahorina 2020*, Vol.19, KST-4, pp. 81-85, Jahorina, Republic of Srpska, March 18-20, 2020.
- [3] Milić S, Kožićić M, Šiljkut V, Koncept *digitalnih blizanaca* u elektranama, *CIGRE - Srbija 35. Savetovanje*, Zbornik radova, rad D2-16, Zlatibor, Srbija, 22-26. maj 2023.
- [4] Milić S, Veinović S, Ponjavić M, Ivično računanje u industrijskom internetu stvari, Zbornik radova, *XX Međunarodni naučno-stručni simpozijum Infoteh-Jahorina 2021*, 20 (2021), oznaka rada O-1.2 (30). Jahorina, Republika Srpska, 17-19. mart 2021.

- [5] Chalapathi G. S. S, Chamola V, Vaish A, Buyya R, chapter: Industrial Internet of Things (IIoT) Applications of Edge and Fog Computing: A Review and Future Directions, in book: *Fog/Edge Computing For Security, Privacy, and Applications*, 2021.
- [6] Milić S, Stojadinović G, Tomić N, Prilagođenje postojećih sistema daljinskog nadzora IIoT konceptima sa hijerarhijski definisanim nivoima obrade podataka, *CIGRE - Srbija 35. Savetovanje*, Zbornik radova, rad R D2 - 09, Zlatibor, Srbija, 03-08. oktobar 2021.
- [7] Milić S, Kožićić M, AI-Based Temperature Monitoring System for Hydro Generators, *23rd International Symposium INFOTEH-JAHORINA*, 20-22 March 2024.
- [8] Lazić A, Milić S, Vukmirović D, The Future of Electronic Commerce in the IoT Environment, *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*. 19(1):172-187, 2024.

ВЕШТАЧКА ИНТЕЛИГЕНЦИЈА И ISO СТАНДАРДИ

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ISO STANDARDS

РАДОСЛАВ РАКОВИЋ¹

Стручни рад
DOI: 10.5937/VI24019R

Резиме: Практична примена вештачке интелигенције тесно је повезана са успостављањем одговарајућег оквира који се односи на организациона питања. Зато је у оквиру Међународне организације за стандардизацију (ISO) донет низ менаџмент стандарда везаних за вештачку интелигенцију. У овом раду дат је сажет преглед најзначајнијих стандарда, пре свега оних који се односе на концепте и терминологију, систем менаџмента вештачком интелигенцијом, смернице за управљање ризицима у области вештачке интелигенције, импликације вештачке интелигенције на управљање у организацијама и оцењивање утицаја вештачке интелигенције.

Кључне речи: вештачка интелигенција (ВИ), Систем менаџмента вештачком интелигенцијом (СМВИ), управљање ризицима, оцењивање утицаја

Abstract: The practical application of artificial intelligence is closely related to the establishment of an appropriate framework related to organizational issues. That is why the International Organization for Standardization (ISO) adopted a series of management standards related to artificial intelligence. This paper provides a concise overview of the most important standards, primarily those related to concepts and terminology, artificial intelligence management system, guidelines for risk management in the field of artificial intelligence, artificial intelligence governance implications for organizations and impact assessment of artificial intelligence

Key Words: Artificial Intelligence (AI), Artificial Intelligence Management System (AIMS), Risk management, Impact Assessment

1. Увод

Вештачка интелигенција обухвата широк спектар области као што су машинско учење (енгл. *Machine Learning*), неуронске мреже (енгл. *Neural*

¹ Радослав Раковић, Инжењерска академија Србије, Кнеза Милоша 9, Београд, rkravic@gmail.com, ORCID 0000-0002-8067-6582

Networks), експертни системи (енгл. *Expert Systems*), обрада великих количина података (енгл. *Big Data*), обрада природног језика (енгл. *Natural Language Processing*), препознавање говора (енгл. *Speech Recognition*), препознавање лица (енгл. *Face Recognition*), рачунарско виђење (енгл. *Computer vision*) итд. које су у својој основи техничко-технолошке природе. Међутим, као и у другим технолошким областима, практична примена вештачке интелигенције тесно је повезана са успостављањем одговарајућег оквира који се односи на организациона питања. Зато је у оквиру Међународне организације за стандардизацију (ISO), у сарадњи са Међународном електротехничком комисијом (IEC), у периоду 2022.-2024. године донет низ менаџмент стандарда везаних за вештачку интелигенцију.

У овом раду дат је сажет преглед најзначајнијих стандарда, пре свега оних који се односе на концепте и терминологију (ISO/IEC 22989), систем менаџмента вештачком интелигенцијом (ISO/IEC 42001), смернице за управљање ризицима у области вештачке интелигенције (ISO/IEC 23894), импликације вештачке интелигенције на управљање у организацијама (ISO/IEC 38507) и оцењивање утицаја вештачке интелигенције (ISO/IEC CD 42005).

2. Стандард ISO/IEC 22989:2022

Предметни стандард систематизује терминологију и концепте вештачке интелигенције. Дефинисано је укупно 117 термина груписаних у 7 области, табела 1.

Табела 1. Термини дефинисани у стандарду ISO/IEC 22989, Извор: Аутор

Обл.	Назив области - Термини везани за (област)	
3.1	Вештачка интелигенција – <i>Artificial Intelligence</i>	35
3.2	Подаци - <i>Data</i>	15
3.3	Машинско учење – <i>Machine Learning</i>	17
3.4	Неуронске мреже – <i>Neural networks</i>	10
3.5	Поузданост / Поверење - <i>Trustworthiness</i>	18
3.6	Обрада природних језика – <i>Natural language processing</i>	18
3.7	Рачунарско виђење – <i>Computer vision</i>	4
		117

Од наведених дефиниција, издвајамо појам „Систем вештачке интелигенције“ (ВИ), дефиниција 3.1.4, где се наводи да је ВИ систем „инже-

њерски систем који генерише излазе као што су садржај, прогнозе, препоруке или одлуке за дати скуп циљева које је дефинисао човек“. У напоменама уз дефиницију стоји да „инжењерски систем може да користи различите поступке који се односе на ВИ да би се развио модел за представљање података, знања, процеса итд. који се могу користити у извршавању задатака“ и да се системи ВИ пројектују да раде са различитим нивоима аутоматизације.



Слика 1. Парадигма агента (на бази слике 1 ISO/IEC 22989)

На слици 1 приказана је суштина функционисања ВИ система кроз „парадигму агента“. ВИ агент дефинисан је као „аутоматски ентитет који осећа своје окружење и реагује на њега и предузима акције да достигне своје циљеве“ (дефиниција 3.1.1). Као што се са слике може видети, агент прати окружење преко сензора, а делује на њега преко актуатора, у складу са остварењем својих циљева. Агент на одређени начин симулира људску интелигенцију и начин понашања.

Поред парадигме агента, у оквиру овог стандарда дефинишу се и други концепти повезани са ВИ – знање, алгоритми, подаци, машинско учење, неуронске мреже, аутономија, хетерономија и аутоматизација, Интернет ствари (енгл. Internet of Things - IoT) и сајбер физички системи, поузданост/поверење (енгл. Trustworthiness), у коју је укључена пристрасност & поштење (енгл. Bias & Fairness), верификација и валидација, правна питања, друштвени утицај и улоге заинтересованих страна.



Слика 2. Животни циклус система ВИ (на бази слике 3 ISO/IEC 22989)

У оквиру главе 6 предметног стандарда дефинисане су етапе животног циклуса (енгл. *Lifecycle*) система ВИ, слика 2.

У почетној фази (енгл. *Inception*) успостављају се циљеви, дефинишу се захтеви, спроводи се оцењивање ризика и формира план поступања по њима, утврђују се елементи везани за одговорности, трошкове, ресурсе, изводљивост итд. У фази пројектовања и развоја (енгл. *Design and Development*) дефинишу се приступ, архитектура, кодовање, тренинг подаци, поступање по ризицима итд. У фази верификације и валидације спроводи се оцењивање оствареног из угла захтева и намене система и спроводи се праћење и поступање по ризицима. У фази распоређивања (енгл. *Deployment*) систем се пушта у рад и спроводе се планиране актив-ности за поступање по ризицима. У фази функционисања система његов рад се прати и вреднује, спроводе се ажурирања, као и преиспитивање ризика. У фази поновног вредновања, сагледавају се остварени резултати, преиспитују се и редефинишу (ако је то потребно) циљеви и захтеви као и старегије поступања по ризицима. На крају је етапа гашења (енгл. *Retirement*) када систем ВИ престаје са радом.

3. Стандард ISO/IEC 42001:2023

Овај стандард дефинише захтеве и смернице за систем менаџмента вештачком интелигенцијом (енгл. *Artificial Intelligence Management System – AIMS*) према коме организације које обезбеђују или користе производе или услуге које користе ВИ могу да се сертифицију.

Структура овог менаџмент стандарда идентична је са структуром која је дефинисана за све стандарде тог типа у оквиру ISO (у документу познатом као Annex SL) - стандард садржи 10 глава, од којих прве три (1-Предмет и подручје примене, 2-Нормативне референце и 3-Термини и дефиниције) не садрже захтеве као осталих 7 глава (4-Контекст организације, 5-Лидерство, 6-Планирање, 7-Подршка, 8-Функционисање, 9-Вредновање перформанси и 10-Побољшања). За разлику од других менаџмент стандарда, а слично стандарду са захтевима за безбедност информација ISO/IEC 27001, овај стандард садржи посебан Анекс А у коме су дефинисани циљеви контрола и контроле. Овај Анекс А је нормативан, дакле обавезан, и у њему су садржани захтеви за AIMS као и у основном делу стандарда.

У глави 3-Термини и дефиниције садржано је 26 појмова, али су они углавном везани за генералне појмове који се односе на менаџмент системе сем последња три које дефинишу оцењивање утицаја система ВИ, квалитет података (који може бити вема важан за систем ВИ) и изјаву о

примењивости (енгл. Statement of Applicability – SoA) која, као и код стандарда за безбедност информација ISO/IEC 27001, представља приказ примењених контрола и образложење уколико су неке од њих изостављене због природе делатности организације.

У табели 2 приказана је структура Анекса А стандарда ISO/IEC 42001:2023. Укупан број контрола износи 38 и оне су груписане у 9 области А.2 до А.10. У оквиру Аппех В предметног стандарда дате су детаљније смернице за примену наведених контрола.

Табела 2. Структура Анекса А стандарда ISO/IEC 42001, Извор: Аутор

Обл.	Назив области		
A.2	Политике које се односе на ВИ	3	A.2.2-A.2.4
A.3	Интерна организација	2	A.3.2-A.3.3
A.4	Ресурси за системе ВИ	5	A.4.2-A.4.6
A.5	Оцењивање утицаја ВИ система	4	A.5.2-A.5.5
A.6	Животни циклус ВИ система		
A.6.1	Менаџмент смернице за развој ВИ система	2	A.6.1.2-A.6.1.3
A.6.2	Животни циклус ВИ система	7	A.6.2.2 -A.6.2.8
A.7	Подаци за ВИ	5	A.7.2-A.7.6
A.8	Информације за заинтересоване стране ВИ	4	A.8.2-A.8.5
A.9	Коришћење система ВИ	3	A.9.2-A.9.4
A.10	Односи са трећим странама и корисницима	3	A.10.2-A.10.4

Аппех С предметног стандарда је информативног карактера, али у себи садржи потенцијалне организационе циљеве и изворе ризика повезаних са вештачком интелигенцијом. Потенцијални организациони циљеви везани за ВИ могу бити крајња одговорност (енгл. Accountability), ВИ експертиза, расположивост и квалитет података за обуку и тестирање система ВИ, утицај на окружење, поштење (енгл. Fairness), погодност за одржавање (енгл. Maintainability), приватност, робусност, сигурност (енгл. Safety) и безбедност (енгл. Security). Извори ризика повезани са ВИ могу бити комплексност окружења, недостатак транспарентности и објашњивости, ниво аутоматизације, извори ризика везани за машинско учење, системски хардвер, питања животног циклуса система и спремност технологије.

4. Стандард ISO/IEC 23894:2023

Овај стандард дефинише смернице како организација која развија, производи, дистрибуира или користи производе, системе и услуге које користе

ВИ може да управља ризицима који су специфично повезани са вештачком интелигенцијом. Овај стандард ослања се на базични стандард за менаџмент ризицима ISO 31000:2018 исказујући специфичности везане за ВИ. У овом стандарду се, као и у базичном стандарду, ризик разматра у контексту његове дуалне природе тј. да ризици могу имати и позитивне и негативне утицаје, а не само негативне, како се то обично подразумева. Позитивни утицаји ризика се у неким другим стандардима називају прилике (енгл. *Opportunities*).

Базични стандард прокламује осам принципа везаних за систем менаџмента ризицима, који треба да буде:

- Интегрисан тј. саставни део активности организације
- Структуриран и разумљив
- Прилагођен кориснику
- Инклузиван тј. да благовремено укључи све заинтересоване стране
- Динамичан тј. да прати промене које се дешавају у окружењу
- Заснован на најбољим расположивим информацијама
- Да узима у обзир људско понашање и културу
- Да се стално побољшава.

Стандардом ISO/IEC 23894 је указано да за прва три принципа нема специфичних смерница када су у питању системи ВИ, док код осталих има специфичности.

Ове специфичности могу се, у сажетом облику, сумирати на следећи начин:

- Заинтересоване стране могу да помогну да квалитет прикупљених података буде бољи (што је посебно важно код машинског учења), могу помоћи да се дефинишу циљеви и опишу средства за повећање транспарентности и објашњивости система и могу исказати своје перцепције и ставове о ситуацијама када систем ВИ за аутоматизовано доношење одлука треба да има људски надзор. Исто тако, заинтересоване стране могу да помогну да се дефинишу критеријуми правичности и елиминацију пристрасности у раду система ВИ.
- Систем ВИ мора бити динамичан како би испратио све промене које се дешавају у екстерном и интерном контексту, у законским и регулаторним захтевима, очекивањима клијената итд. Неки од система ВИ и експлицитно функционишу на принципима непрекидног учења, усавршавања, вредновања и валидације и морају се са свим тим променама усклађивати „у ходу“.

- Системи ВИ морају да раде са најбољим расположивим информацијама у датом тренутку. Део тих информација је историјски, будућа очекивања се могу променити. Све то ствара услове неизвесности, који се морају узети у обзир. Исто тако, управљање ризицима мора узети у обзир и ограничења у праћењу употребе система ВИ која могу проистацати из законских оквира, тржишта, уговора, права интелектуалне својине итд.
- Приликом пројектовања, развоја или примене система ВИ неопходно је уважити људско и културолошко окружење, у којој мери ти системи одговарају постојећим друштвеним обрасцима који могу довести до утицаја на правичност резултата, поштовање приватности, слободу изражавања, животну средину итд.
- Системи ВИ морају да имају уграђене механизме за праћење достигнутих перформанси и недостатака које ће, кроз механизам „научених лекција“, применити за унапређења и побољшања.

Стандардом су прецизирани елементи које је потребно узети у обзир при разматрању екстерног и интерног контекста организације као и заинтересованих страна које се ту појављују, а све из угла примене система ВИ. У конципирању система менаџмента ризицима од примене ВИ посебно је неопходно размотрити да ли системи ВИ могу да нашkode људима, да им ускрате нека основна права, да ли и на који начин могу да угрозе животну средину, да ли је производња, дистрибуција или примена система ВИ у складу са друштвеном одговорношћу организације (смернице из одговарајућег стандарда ISO 26000) итд.

Сам процес оцењивања ризика (енгл. Risk Assessment) у примени система ВИ у суштини се одвија на исти начин као и у другим областима – прво се идентификују ризици, затим се они анализирају и вреднују по значају, како би се највећи део времена и ресурса могао посветити онима који су најзначајнији. Слична је ситуација и са поступањем по ризицима – ризици се могу избећи (нпр. реорганизовањем активности или отклањањем узрока), умањити или подстицати применом контрола (зависи да ли је ризик негативан или позитиван по организацију) како би се утицало на вероватноћу догађаја и /или на његове последице, могу се пренети на неку трећу страну (нпр. осигурање) или прихватити ако нису превелики.

5. Стандард ISO/IEC 38507:2022

Овај стандард бави се импликацијама које системи ВИ имају на управљање (енгл. Governance) у организацијама. Базиран је на смерницама за управљање организацијама датим у основном стандарду ISO 37000, као

и специфичном стандарду за управљање ИТ сегментом ISO 38500, с обзиром да су системи ВИ у суштини један подсистем ИТ. Оно што системе ВИ разликује од других ИТ може се свести на следећа три елемента:

- Аутоматизовано одлучивање. Систем ВИ формира излаз на основу историјских и тренутних података, предвиђања формира са одговарајућим нивоом вероватноће и на основу тога усмерава своје деловање, и то великом брзином.
- Решавање проблема засновано на подацима. Систем ВИ ради са великим количинама података, уочавајући у њима обрасце. Уједно, са променом у том сету података остварује се утицај на решавање сваког од следећих проблема, што је тешко изводљиво класичним системима програмирања.
- Адаптивни системи. Системи ВИ у највећем броју случајева користе улазне податке за побољшање интерних модела и из тог разлога брзо се прилагођавају тј. могуће је да се за исти улаз добије различит резултат, јер је систем у међувремену напредовао у процесу сталног учења.

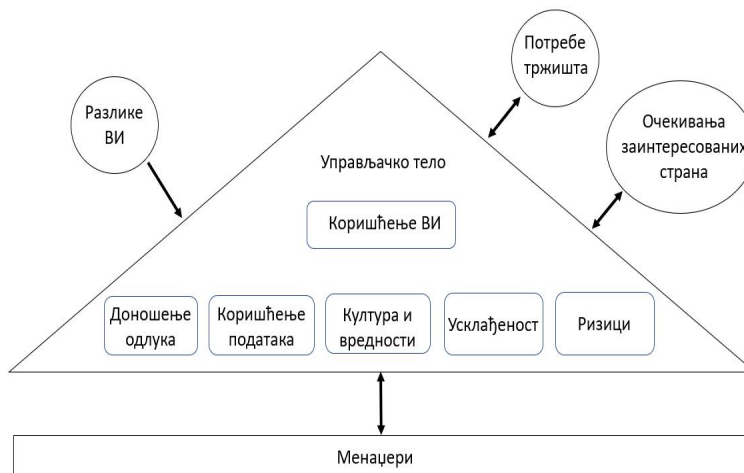
Нагласак предметног стандарда је на управљању, које спроводе људи, употребом ВИ, а не на самим системима ВИ. Кључни појам је надзор (енгл. *Oversight*) као „праћење имплементације организационих и управљачких политика и управљање повезаним задацима, услугама и производима које је поставила организација, у циљу прилагођавања променама у интерном и екстерном окружењу“ (дефиниција 3.2.1 стандарда ISO/IEC 38507).

Јасно је да системи ВИ могу донети значајне стратешке користи за организацију, али уједно могу условити додатне ризике за њу, у смислу потенцијалне штете која може настати за заинтересоване стране. То у значајној мери утиче на рад управљачког тела у организацији, укључујући и повећану одговорност за доношење одлука. Ово тело треба да усмерава рад организације кроз политике и стратегије, да спроводи надзор коришћења ВИ у организацији, да вреднује интерне и екстерне утицаје на организацију и да извештава заинтересоване стране о томе да се ефикасно управља коришћењем ВИ.

Наравно, чланови управљачког тела не морају бити експерти за ВИ, али морају да познају природу тих технологија и да буду свесни потенцијалних последица у њиховој примени, да би могли да доносе одговарајуће одлуке.

На слици 3 приказан је модел импликација које ВИ има на процес управљања у организацијама у складу са предметним стандардом. Тај процес одвија се у другачијим околностима услед разлика које ВИ уноси у цео амбијент, морају се пратити потребе тржишта и очекивања заинтересованих

страна, коришћење ВИ посматра се као прилика коју треба искористити да би се унапредило пословање организације, а то се спроводи преко пет политика, у тесној сарадњи са менаџментом организације.



Слика 3. Импликације ВИ на управљање (на бази слике 3 ISO/IEC 38507)

Прва политика односи се на управљање доношењем одлука. То је део целокупног управљања организацијом, а заснива се на делегирању овлашћења и одговорности у целој организацији, при чему крајња одговорност за све што се у организацији одвија остаје на управљачком телу. Кључни елементи доношења одлука укључују усклађеност са циљевима организације, да сваки ниво доношења одлука одговара додељеном овлашћењу и одговорностима, да они који доносе одлуке поседују адекватне вештине и способности за то о чему одлучују, да процес доношења одлука буде транспарентан за заинтересоване стране и да постоји адекватан надзор целог процеса одлучивања.

Неки системи ВИ се у значајној мери ослањају на податке за формирање и обучавање модела, па је управљање коришћењем података кључно за одговорну употребу ВИ. То подразумева да ти подаци буду адекватни за пројектовани систем ВИ, да се прикупљају на контролисан начин, да се води рачуна о њиховој безбедности, чувању, доступности и квалитету тих података, укључујући и испитивање тих података у погледу елемената пристрасности и других недостатака у подацима. Аспекти управљања употребом ВИ, када је реч о подацима, обухватају вредност података (квалитет, количина, правовременост, контекст и цена њихове употребе), ризике (безбедност, могуће злоупотребе, угрожавање приватности, конкурентски ризици услед неискоришћења употребе података) као

и ограничења (законски захтеви, уговорне обавезе, ауторска права, комерцијални интереси).

Управљачко тело је одговорно за дефинисање и успостављање жељене културе организације и њеног система вредности, у односу на заинтересоване стране. Велики део те културе и система вредности је имплицитно уграђен у понашање људи и процесе. Системи ВИ немају ниво разумевања контекста као људи, ослањају се на моделе, алгоритме и податке који их обучавају. Зато управљачко тело треба да води рачуна да у неким случајевима системи ВИ морају да буду ограничени људским деловањем, управо да би се обезбедило да донете одлуке буду усклађене са културом организације и системом вредности.

Организација има своје обавезе усклађености према окружењу и управљачко тело мора да предузме све како би се те обавезе испуњавале. У том смислу, ово тело треба да прати у којој мери системи ВИ могу да утичу на испуњавање обавеза усклађености и да интервенише када год постоји опасност да обавеза не буде испуњена. То се може постићи кроз додатне контроле, преиспитивање одлука донетих од стране система ВИ, обезбеђивањем да се подаци користе у складу са политиком организације и надгледањем рада система ВИ.

О ризицима је већ било речи у делу који се односио на стандард ISO/IEC 23894. У суштини, управљачко тело кроз дефинисање сврхе и циљева организације као и стратегија за остваривање тих циљева разматра и све оно што би могло да угрози остваривање тих циљева на глобалном нивоу, а детаље везане за идентификацију, анализу, вредновање и поступање са ризицима делегира унутар организације. О циљевима и изворима ризика када је реч о системима ВИ већ је било речи у склопу горе наведеног стандарда.

6. Стандард ISO/IEC CD 42005: 2023

Овај стандард носи ознаку „CD“ с обзиром да је још у фази *Committee Draft* тј. још увек није одобрен као међународни стандард. У складу са дефиницијом 3.1 из овог документа „оцењивање утицаја ВИ система је формалан документован процес којим се разматрају утицаји на појединце, групе појединаца и друштво од стране организација које развијају, испоручују или користе производе или услуге који користе вештачку интелигенцију“.

Процес оцењивања утицаја ВИ система треба да буде интегрисан са другим менаџмент процесима у организацији, спроводи се периодично у складу са законским оквирима, нивоима ризика, очекивањима заинтере-

сованих страна, мора да има дефинисан предмет и подручје примене, одговорне учесника у оцењивању као и успостављене прагове за осетљиве намене, ограничења и скале утицаја.

Документованост процеса оцењивања утицаја ВИ система, према овом стандарду, подразумева следеће информације:

- Информације о самом систему ВИ (опис, карактеристике, сврха, планирано и непланирано коришћење)
- Информације о подацима који се користе и о квалитету тих података
- Информације о алгоритмима које организација користи и о њиховом развоју, као и информације о моделима који се примењују у систему ВИ и о њиховом развоју
- Информације о окружењу у коме систем ВИ ради (географско подручје, језици, комплексност и ограничења у окружењу)
- Заинтересоване стране (енгл. Interested Parties / Stakeholders)
- Добити (енгл. Benefits) и штетности (енгл. Harms) могу настати као и кварови система ВИ и могуће злоупотребе.

Резултат свих оцењивања утицаја система ВИ треба да буду предлог мера које би требало имплементирати на техничком нивоу (нпр. Криптовање корисничког регистра како би се спречио негативан утицај на приватност, остваривање људског надзора при доношењу одлука и сл), али и препоруке највишем руководству и управљачком органу које би требало да размотре приликом успостављања политика организације везаних за системе ВИ (нпр. подизање свести учесника).

Документ садржи четири информативна анекса који се односе на смернице за примену ISO/IEC 42001 (Annex A), ISO/IEC 23894 (Annex B), таксономију добити и штетности (Annex C) и усклађивање оцењивања утицаја система ВИ са другим оцењивањима (Annex D).

7. Закључак

У раду је дат сажети опис неколико најзначајнијих стандарда који се односе на системе ВИ. Иако је примена стандарда у начелу добровољна, корисно је да постоји оквир за деловање у тако комплексној области као што је вештачка интелигенције. Веома је значајно што су се институције на светском нивоу као што су ISO и IEC благовремено и активно укључиле у ову област како би помогле да се разреши бар неке од мноштва недоумица које постоје и које ће постојати у примени система вештачке интелигенције.

Треба нагласити да је у јулу 2024. године донета Европска уредба која се односи на хармонизацију правила везаних за вештачку интелигенцију, а

њена примена предвиђена је од августа 2026. године. То јасно указује да се регулисање примене вештачке интелигенције из области стандарда, који су у принципу добровољни, премешта у зону законске регулативе која је обавезујућа.

8. Литература

- [1] ISO 26000: Guidance on social responsibility, 2010
- [2] ISO 31000: Risk management – Guidelines, 2018
- [3] ISO Guide 73: Risk Management – Vocabulary, 2009
- [4] ISO/IEC 22989: Information technology-Artificial intelligence-Artificial intelligence concepts and terminology, Ed 1, 2022
- [5] ISO/IEC 23894: Information technology-Artificial intelligence- Guidance on risk management, Ed 1, 2023
- [6] ISO/IEC 37000: Governance of organizations – Guidance, 2021
- [7] ISO/IEC 38500: Corporate governance of information technology, 2024
- [8] ISO/IEC 38507: Information technology- Governance of IT – Governance implications of the use of artificial intelligence by organizations, Ed 1, 2022
- [9] ISO/IEC 42001: Information technology-Artificial intelligence- Management System, Ed 1, 2023
- [10] ISO/IEC CD 42005: Information Technology-Artificial Intelligence-Artificial Intelligence system impact assessment, Ed 1, 2023
- [11] Regulative (EU) 2024/1689: Laying down harmonised rules on artificial intelligence, OJEU 12/07/2024
- [12] Стратегија развоја вештачке интелигенције у Републици Србији за период 2020-2025. година, *СПС* 96/2019

РЕГУЛАТОРНИ ОКВИР ЗА РАЗВОЈ И ПРИМЕНУ ВЕШТАЧКЕ ИНТЕЛИГЕНЦИЈЕ У РЕПУБЛИЦИ СРБИЈИ

REGULATORY FRAMEWORK FOR DEVELOPMENT AND APPLICATION OF AI IN THE REPUBLIC OF SERBIA

УРОШ ПОЛУГА¹

Стручни рад
DOI: 10.5937/VI24031P

Резиме: Примена вештачке интелигенције је, на први поглед, технолошко питање. Међутим, сваки дан доноси нове изазове када је у питању правилно разумевање и регулисање решења која примењују вештачку интелигенцију. На жалост, правни систем у целом свету често касни за одређеним технолошким напретком. Зато је јако важно што је на нивоу Републике Србије благовремено донета Стратегија развоја вештачке интелигенције. У раду је, поред сагледавања оквира развоја и примене вештачке интелигенције у свету, указано на основне измене које доноси иновирани стратегија развоја вештачке интелигенције у Републици Србији, чија је израда и доношење у току.

Кључне речи: Вештачка интелигенција (ВИ), Регулаторни оквир, Стратегија развоја вештачке интелигенције

Abstract: The application of artificial intelligence is, at first glance, a technological issue. However, every day brings new challenges when it comes to properly understanding and regulating solutions that implement artificial intelligence. Unfortunately, the legal system around the world often lags behind certain technological innovations. That is why it is very important that the Artificial Intelligence Development Strategy was adopted at the level of the Republic of Serbia in a timely manner. The paper, in addition to reviewing the framework of the development and application of artificial intelligence in the world, pointed out the basic changes brought by the innovative Strategy for the Development of Artificial Intelligence in the Republic of Serbia, which is currently being drafted and adopted.

Key Words: Artificial Intelligence (AI), Regulatory framework, Strategy for development of Artificial Intelligence

¹ Урош Полуга, Кнеза Милоша 9, Београд, urospoluga@outlook.com, ORCID 0009-0007-6976-7145

1. Увод

Република Србија препознала је да је развој онога што називамо „вештачка интелигенција“ на пољу науке и последично примењених решења готово незауостављив. То омогућава комбинација развоја технолошких предиспозиција, научних идеја у вези са тим могућностима и развојем тих могућности, као и тржишног потенцијала који види огроман извор за монетизацију нових решења. Док је дигитализација некако логична и, поједностављено гледано, представља пребацивање података из регистратора негде у компјутер, овде постоји један елемент „магије“ који додатно подстиче развој ових решења.

2. Постојеће стање и трендови у свету

Пут вештачке интелигенције теоријски почиње 1950. године када је Алан Туринг предложио мерење способности машине да се понаша „интелигентно“. Термин је први употребио Џон Мекарти 1956. године. До 2010. године, чини се да се развијао унутар строго инжењерских кругова уз повремене излете у виду вести из занимљиве науке. Као последица достигнутог научног развоја и унапређења снаге рачунара и убрзања интернета, након 2010. године почиње значајно убрзање развоја. Модели вештачке интелигенције успевају да победе прваке у шаху и игри го што пробија свест о овој технологији ван стручне јавности. Све то доводи до вероватно најпознатијег догађаја који је вештачку интелигенцију представио најширој публици: 30. новембра 2022. године када је отворен слободан приступ ЧетЏПТ-3.5 четботу (енгл: Chat GPT-3.5 Chatbot).

Паралелно са процесом развоја технологије, на различитим нивоима почиње да се развија свест да је са нама нешто ново и несвакидашње, што отвара питање како да то користимо, а што може бити злоупотребљено. Унутар међународних форума стварају се принципи, смернице, конвенције, модели докумената и други документи препорука или више обавезујућих аката. Државе чланице тих организација спроводе ове препоруке тако што усвајају стратегије и етичке смернице, уређују постојеће законе да регулишу нове потребе које ствара нова технологија и, у последње време, почињу и са доношењем свеобухватних закона чија је главна тема регулација примене вештачке интелигенције. Треба напоменути да поред држава, одређена правила о начину развоја и примене вештачке интелигенције доносе и технолошке компаније. Ово је један начин саморегулација и декларација социјално одговорног понашања и, нарочито у случају технолошких гиганата попут Мајкрософта, Гугла, Амазона, Мете и других, овај ниво регулативе је веома релевантан.

3. Међународни форуми и друге државе

У овом делу треба узети у обзир и Међународне организације у ужем смислу (какве су нпр. UN са својим специјализованим агенцијама или OECD) и друге врсте међународних форума и иницијатива.

UNESCO, као организација UN посвећена образовању, науци и култури, значајна је јер као део система UN укључује све државе света. Напори су у правцу постављања стандарда, препорука и принципа. У том циљу су 23. новембра 2021. године донете *Етичке препоруке о вештачкој интелигенцији*. Документ наводи вредности које чланице треба да укључе када формирају политике и правне норме. Поред тога, UNESCO улаже напоре у правцу мапирања стања развоја земаља. Као део тог процеса створена је посебна методологија за систематизовану самопроцену под називом „Методологија процене спремности“ (eng. *Readiness Assessment Methodology* RAM). Документ садржи бројне квалитативне и квантитативне параметре који ће моћи да прикажу стварно стање спремности сваке земље за примену и развој вештачке интелигенције.

САВЕТ ЕВРОПЕ (СЕ) формирао је Савет за вештачку интелигенцију (енгл. *Committee on Artificial Intelligence - CAI*) који је израдио *Конвенцију о вештачкој интелигенцији, људским правима, демократији и владавини права* која је отворена за потпис чланицама од 05. септембра 2024. године. Конвенција промовише шест начела – људско достојанство и индивидуална аутономија, транспарентност и надзор, крајња одговорност и одговорност, равноправност и недискриминација, приватност и заштита података о личности и поузданост.

GPAI (енг: *Global Partnership for Artificial Intelligence*) као глобално партнерство за вештачку интелигенцију представља глобалну иницијативу са циљем да повеже државе и експерте и подржи и води одговорно усвајање вештачке интелигенције засновано на људским правима и другим вредностима. Преузела је принципе и вредности које промовише OECD, али су међу чланицама GPAI и државе које нису чланице OECD, међу њима и Србија. Ова организација претрпела је значајне измене у јулу 2024. године када се значајније интегрисала у OECD - проширен је број чланова са 29 на 45 укључујући све чланице OECD, али и Индију, Бразил, Аргентину, Сенегал, Сингапур и Србију, и омогућен је приступ и државама које нису чланице OECD. Посебно је то значајно за нашу земљу јер је Србија копредседавајућа ове иницијативе за 2024. и 2025. годину, што су умногоме одређујуће године за ову организацију.

OECD је као организација за економску сарадњу и развој, веома посвећена регулисању вештачке интелигенције. Има своју AI опсерва-

торију која окупља заинтересоване стране и прави препоруке за даљи рад и развој вештачке интелигенције. Укључује бројне експерте који се баве вештачком интелигенцијом из разних области и ствара форум за разговоре на ове теме. У својим *Препорукама о вештачкој интелигенцији* дефинисали су шта је „систем ВИ“, промовишу пет принципа и пет препорука за израду сигурне, безбедне и поуздане вештачке интелигенције. Снажнијим интегрисањем GPAI у своју структуру, OECD шири свој значај.

Постоје и бројни други форуми који промовишу принципе и дају препоруке. Тренутно је у току проналажење правих форума за усаглашавање правила за вештачку интелигенцију и стварање међународних принципа који ће гарантовати сигурну, безбедну и поуздану вештачку интелигенцију која ће бити у служби човека и за добробит људи. Тренутно земље попут Кине и Русије нису равноправно укључене у описане форуме, и нема јасних информација да ли постоје међународни форуми у којима ове земље учествују у вези са овим питањима. За Шангајску организацију за сарадњу, BRICS или друге регионалне организације у Азији нема поузданих података да имају развијене документе у вези са овом темом. У Африци постоје напори да се укључе у рад међународних форума.

Многе државе донеле су стратегије за развој вештачке интелигенције. Њихови приступи су различити у зависности од економске моћи, расположивих ресурса и намере како да се поставе у свету. Неке желе да буду глобални лидери, док друге развијају вештачку интелигенцију како би унапредили сопствену индустрију. Има и оних који покушавају да се специјализују само у одређеним областима и своја улагања и усмерења оријентишу у том правцу. Што се тиче етике и правног оквира, и ту сигурно има пуно разлика. Међународне организације и иницијативе утичу на ширење свести о потреби етичке примене, али сигурно је да има различитих одступања. Многе државе одлажу регулацију да би омогућиле лакши развој науке, иновација и привреде. Спремност за највише регулисања показале су државе чланице ЕУ које су донеле први свеобухватни закон који треба да регулише примену ВИ. Међутим, друге земље нису пошле таквим путем, било у погледу системског приступа било у погледу обима регулације. Уједињено Краљевство приступило је секторски, решавајући питања према потребама. Индија за регулацију и даље користи закон који нема много елемената о вештачкој интелигенцији, чиме се оставља слободан простор за развој.

4. Постојеће стање у Републици Србији

Правни оквир који регулише питања која се односе на вештачку интелигенцију у Републици Србији тренутно укључује:

- Стратегију,
 - Етичке смернице
 - Правила у вези са аутономном возњом
 - Правила у вези са обрадом и заштитом података о личности
- Поред наведеног, потребно је истаћи да се очекује да ће се радити и на:
- развоју закона о ВИ који ће регулисати примену вештачке интелигенције,
 - сагледавању могућности унапређења правила из других повезаних области, нпр. ауторских права и интелектуалне својине, или секторских закона и
 - могућности развоја иновативних решења применом регулаторног сигурног тестног окружења (енг. Regulatory Sandbox). У питању је посебан регулаторни режим који омогућава привредним друштвима и регулатору да тестирају, у контролисаном окружењу, у складу са одобреним планом и под надзором надлежног органа, иновативна решења или пословне моделе на ограниченом броју корисника.

Стратегија 2020-2025:

Србија је врло рано донела Стратегију развоја вештачке интелигенције. Тренутно важећа Стратегија усвојена је на самом почетку 2020. године на период од пет година. Стратегија је укључивала укупно 5 циљева, са укупно 22 мере. Стратегија 2020-2025. предвиђа следеће циљеве:

- Развој образовања усмерен ка потребама савременог друштва и привреде условљеним напретком вештачке интелигенције
- Развој науке и иновација у области вештачке интелигенције и њених примена
- Развој економије засноване на вештачкој интелигенцији (где је то кључна компетенција и где се користи у разним гранама индустрије)
- Унапређење претпоставки за развој вештачке интелигенције и услуга јавног сектора применом вештачке интелигенције
- Етична и безбедна примена ВИ

У суштини, циљеви су: образовање, развој науке и иновација, развој економије, унапређење претпоставки/предуслова и етичка и безбедна примена. Од наведених циљева урађено је доста тога у свим сегментима. У области образовања у основним и средњим школама уведене су лекције о вештачкој интелигенцији у оквирима предмета за техничко образовање и информатику. Неки факултети направили су курикулуме који укључују вештачку интелигенцију. Акредитовано је седам мастер програма за специја-

лизацију вештачке интелигенције. У циљу унапређења науке формиран је Институт за вештачку интелигенцију са седиштем у Новом Саду и одељењима у Београду и Нишу. Фонд за науку Републике Србије финансира развој многих научних пројеката који теже развоју вештачке интелигенције. Развој инфраструктуре, међу којима је најзначајнија Национална платформа, где државни институти и иновативне компаније могу бесплатно да користе постојећи суперкомпјутер за развој својих решења. У вези са економским развојем започети су неки пројекти у државној администрацији и јавном сектору који теже да примене решења која користе вештачку интелигенцију у свом раду. Познат пример је „читај ми“ који примењујући вештачку интелигенцију омогућава читање вести на интернет страници владе и неких других органа. Развијају се решења из области енергетике са циљем оптимизације система и предвиђања кварова како би се избегли застоји, у саобраћају се траже решења на железници, омогућено је тестирање аутономних возила. У медицини се траже и развијају софтвери који ће омогућити брже и свеобухватније дијагностичке прегледе, нпр. за мамографију. Траже се и друга решења. Истражује се применом „четботова“, па је Привредна комора Србије направила четбота који може да помогне субјектима који не говоре српски језик да лакше добију информације о начинима како да послују у Србији. Што се тиче претпоставки за развој, купљен је суперкомпјутер као део Националне платформе који се може користити за развој а који је омогућен за бесплатно коришћење за научне институције и мала и средња предузећа. Радило се и на отварању података како би се омогућио развој одређених решења. У области етике, донете су Етичке смернице које прописују како би требало развијати и користити решења из области вештачке интелигенције. Оне садрже и сет за самопроцену спремности чланова екосистема, где ће моћи да се оријентишу у односу на предуслове за рад и развој. Формиран је Савет за вештачку интелигенцију, који је надлежан за спровођење стратешког оквира из области развоја вештачке интелигенције, прати реализацију планираних мера и активности, прати стање, потребе и стандарде развоја и примене вештачке интелигенције у Републици Србији и свету.

Урађено је и више од онога што је претходно наведено. Оно што је веома значајно јесте да је вештачка интелигенција постављена као тема у оквирима државне администрације, привреде и екосистема који треба да користи, подстиче, помаже и развија или помаже да се вештачка интелигенција развија. Стратегија 2020-2025. ставила је ствари у институционалну равн и омогућила стицање искуства у погледу начина рада и поставила темеље за даљи рад. Као одговор на свакодневне пробоје у науци која развија вештачку интелигенцију и повећању развоја решења

која су доступна на тржишту Република Србија формирала је радну групу која је требало да направи нову стратегију за наредни период. Наведене околности указивале су на то потребу да се направи искорак и не чека завршетак циклуса који је поставила претходна стратегија.

Поређење нове и старе Стратегије дато је у табели 1.

Табела 1. Поређење циљева актуелне и будуће стратегије Извор: аутор*

Стратегија 2020-2025	Стратегија 2024-2030
Развој образовања усмерен ка потребама савременог друштва и привреде условљеним напретком вештачке интелигенције	Развој људских ресурса и знања у домену вештачке интелигенције.
Развој науке и иновација у области вештачке интелигенције и њених примена	Унапређење и олакшавање технолошког развоја у домену вештачке интелигенције и решења заснованих на вештачкој интелигенцији
Развој економије засноване на вештачкој интелигенцији (где је то кључна компетенција и где се користи у разним гранама индустрије)	Повећање примене вештачке интелигенције у приоритетним сегментима друштва и привреде.
Унапређење претпоставки за развој вештачке интелигенције и услуга јавног сектора применом вештачке интелигенције	Унапређење инфраструктуре и ресурса неопходних за развој вештачке интелигенције.
Етична и безбедна примена ВИ	Стварање и усклађивање институционалног и правног оквира за развој и сигурну, безбедну, поуздану и одговорну примену вештачке интелигенције.
	Коришћење података као значајног ресурса за развој вештачке интелигенције.

* У тренутку писања овог текста нова стратегија није усвојена и циљеви у табели су описног карактера, указују на област деловања према стању након јавне расправе.

У новој Стратегији задржавају се и потврђују слични правци, али раздвојено у шест циљева са више предложених мера. Поредџи ове две стратегије, може се рећи да предлог нове стратегије не представља дисконтинуитет са претходном стратегијом, већ да више наставља у правцу који је већ постављен, при чему је нови предлог садржи више разрађене мере. Циљеви су мало преформулисани у складу са новим потребама и приступом који одговара ситуацији да су мере које су сада постављене

конкретније. Поређење самих назива циљева већ упућује на другачију ситуацију него пре пет година. Мере су сада некако конкретније. То је вероватно последица општег развоја вештачке интелигенције где су њени учинци, потенцијали за добро и лоше сада видљивији па је и једноставније одредити деловање. Поред тога, то је и последица наведеног значајног искуства у овој области где многе земље траже праве одговоре и правце деловања.

Људски ресурси укључују и образовање, али је ово сада проширено конкретним мерама које треба да помогну и припрему и преквалификацију радника да се изборе са долазећим променама. Укључене су као посебне мера за доквалификацију радника од којих се очекује да користе вештачку интелигенцију и мера за доквалификацију радника који су већ укључени у области инжењерског и технолошког рада и развоја, на начин да они сада у своје знање укључе и вештачку интелигенцију. Препознато је да је ове две врсте помоћи потребно поставити као посебне циљеве. Такође, чини се да је више фокуса дато за подизање општег знања друштва о могућностима и опасностима од вештачке интелигенције.

Што се технологије тиче у првој Стратегији мере су више у правцу поставке основа (оснивање Института за вештачку интелигенцију, успостављање сарадње и подршка, итд). Сада се то конкретизује кроз финансирање конкретних пројеката и слично. Посебно се наглашава подршка стартап компанијама. То је део опште промене погледа у многим земљама где фокус сада полако излази доминантно из сфере науке и више је све више укључује развој решења која ће бити примењива у привреди.

Развој економије сада је више конкретан. Набројене су области где се очекује највећа подршка: здравство, пољопривреда, државна администрација, одбрана и безбедност. У упоредним анализама, то су области које се и у другим земљама јављају у врху приоритета. Стратегија за 2020-2025. није имала наведене посебне секторе. Године су показале да су наведене области оне где има потенцијала. То су углавном области и решења која су заснована на технологијама као што су компјутерски вид или друга поља где нема потребе за великом локализацијом решења, јер се користи универзалнији графички елемент уместо локалног, који захтевају системи везани за језик и говор. Поред тога, било би одлично да јавни сектор генерише развој привредних друштава у Србији које се баве ВИ. Постоји тежња да иновативне компаније активније учествују у стварању вредности и да ће генерисати новац за самостални развој.

У новој Стратегији инфраструктура укључује како развој хардверских ресурса, тако и радње на развоју екосистема са циљем лакшег међусобног

проналажења и повезивања компанија које развијају решења која примењују вештачку интелигенцију и оних којима су таква решења потребна. Планира се помоћ у изградњи платформе за повезивање како унутар наше земље тако и са дијаспором и привредним друштвима из иностранства. Као важан део инфраструктуре наводи се и развој језичких технологија без кога велики део решења која примењују вештачку интелигенцију неће бити могући. Идеја је да се припреми велики број језичких корпуса који ће бити употребљени за развој језичких модела који ће, поред употреба за неке једноставније и опште апликације, бити довољно добри за примену у медицини, праву или државној администрацији. Разумевање свакодневног језика је једна ствар, али ако желимо да правимо решења која ће бити интегрисана у правосуђе или болнице или нека специфична окружења, неопходно је да постоји довољно документације да се тако нешто омогући.

Етичке смернице:

Етичке смернице усвојене су у марту 2023. године. Документ промовише начела: 1. објашњивост и проверљивост, 2. достојанство, 3. забрана чињења штете и 4. правичност. Смернице нису обавезне. Садрже упитник који правни субјекти могу користити да провере своју спремност за примену ВИ по различитим критеријумима (техничка поузданост, транспарентност, приватност, равноправност...). Овај упитник за самопроцену доступан је јавности, али се слабо користи. Можда једног дана смернице буду обавезујуће. Смернице су добре, али има простора и за унапређења и усклађивања са новим прописима и новим развојем ВИ. Такође, тренутно смернице постоје само као информативно средство, међутим, како се ствари буду развијале, можда буду постојале у обавезне, било у постојећем облику, било као део неког другог документа.

Развој мобилности и аутономна возила

Унутар области саобраћаја у Закон о безбедности саобраћаја на путевима уведени су појмови „аутономног возила“ и „тестирање аутономног возила“ и унет члан 122а. којим је „управљање аутономним возилом на путу“ али само за потребе тестирања и обавља се на основу дозволе коју издаје МУП. Овим је омогућено први пут да се у редовном саобраћају нађе аутономно возило.

Законом је предвиђено издавање Правилника о условима за обављање аутономне вожње који ближе прописује услове под којима се обавља аутономна вожња и процедуру за издавање дозвола.

Предвиђено је да је могуће издати дозволу за путничко возило (М1), теретно возило до 3,5 тона (Н1) и тешки четвороцикл (Л7). Предвиђена је

могућност издавања дозволе до максимално нивоа 4 аутономије. Ниво 5 је тешко ускладити са постојећим дефиницијама Закона а свакако треба бити опрезан и прво проверити ово решење до тренутно дозвољеног нивоа. Промењен је и Правилник о испитивању возила, тако што су унете одредбе о томе ко ће бити овлашћен да испита безбедност аутономног возила, и које процедуре су потребне.

Треба разумети да се не испитује технолошки развој возила, већ се утврђују функционалности тог система, могућности да управља возилом у условима у којима може да функционише и за које је пројектован, како гарантује безбедност и слично. Дакле, да ли тај систем ради и да ли је безбедан (разни тестови у различитим условима, да ли кочи, да ли ради механизми за контролу аутономног система и слично).

Интелектуална својина

За сада није било измена, али, употреба података за тренирање модела све више ствара питања о томе како решити питање заштите ауторских права у овом процесу. Нарочито са развојем генеративне вештачке интелигенције, биће потребно да се размотре и ове одредбе. Ово је велика тема широм света и треба пратити како друге земље решавају ова питања. Свакако ће и међународне организације и међународна тела давати тон начину решавања овог питања.

Заштита података о личности

Подаци су најважнији ресурс за развој вештачке интелигенције. Постојећи Закон о заштити података о личности регулише аутоматизовану обраду података и он је у великој мери усклађен са ГДПР законом ЕУ. Важно је имати у виду да ли је на неки начин потребно размотрити и уредити начин управљања подацима и напредак саме технологије и решења у закону и усклађивати када буде било неопходно. Свакако, треба пратити шта се ради у вези са овим питањем у ЕУ и другим земљама.

Регулаторно сигурно тестно окружење (енг. Regulatory Sandbox)

Регулаторно тестно окружење омогућава тестирање одређених решења, технологија или пословних модела под будним оком неког регулатора. Ово је један од алата за иновације који је предвиђен и ВИ актом ЕУ. Овакви модели развијају се како би се омогућила стимулација иновација и омогућавање развоја. Тренутно нема података да се овакви модели користе у Србији али на овоме треба радити и развијати и начин постављања и начин примене оваквих правних структура. Наравно, треба веома водити рачуна у којим областима и за које ситуације је ово могуће направити.

5. Активности у погледу развоја регулативе за примену вештачке интелигенције у Републици Србији

Србија је започела рад на изради закона који би регулисао системе вештачке интелигенције, који би били дозвољени на тржишту Републике Србије. Закон би требало да буде у складу са светски прихваћеним ставовима артикулисаним кроз UNESCO, OECD и GPAI, где је Србија и копреседавајућа и другим светским форумима, како Србија не би била „регулаторно острво“. Унутар тога би требало да се пронађу решења како би Србија могла да искористи своје предности.

Европски Акт о вештачкој интелигенцији један од модела како ствари могу да се уреде, али је неопходно у потпуности разумети циљеве, и пронаћи начин да Србија пронађе и искористи своје предности. Веома је важно добро разумети шта разликује недозвољене, високо ризичне и ниско ризичне системе вештачке интелигенције и правилно поставити границу и да се не оптерети развој ВИ тамо где то није потребно, као и да се не дозволи нешто што може бити супротно начелима сигурне, безбедне и поуздане вештачке интелигенције. Наравно, могућа су и нека друга решења и неки други приступи. Израда закона захтеваће и одговор на питање одабира правог институционалног оквира за спровођење закона. Све су то питања која треба пажљиво размотрити.

6. Закључак

Сваки дан доноси нове изазове када је у питању правилно разумевање и регулисање решења која примењују вештачку интелигенцију. Правни систем у целом свету често касни за одређеним технолошким напретком. С обзиром да су брзина и свеобухватност главне одлике вештачке интелигенције, чини се да та разлика још више изражена. Оно што нас може држати у корак јесте стално учење, праћење трендова и истраживање. Постојећи кодекс правила и моралних начела добра је основа да одредимо шта је оно што треба да буде допуштено. Сарадња са другим земљама и размена мишљења такође је неопходан елемент у правилном регулисању вештачке интелигенције. Постојећи ниво регулације је у складу са оним што је развијено и у другим земљама. Тај ниво треба одржавати. Једно од посебно занимљивих решења је регулаторно сигурно тестно окружење и треба радити на томе да се развије технологија њихове израде и контроле. Њихова примена може да нам донесе добро разумевање могућности примене нових решења, и могу да допринесу лакшем пласирању производа на тржиште, што доноси економске користи.

7. Литература

- [1] Jobin A, Ienca M. & Vayena E. The global landscape of AI ethics guidelines. *Nat Mach Intell* **1**, 389–399 <https://doi.org/10.1038/s42256-019-0088-2>, 2019.
- [2] Правилник о условима за обављање аутономне вожње, *Службени гласник РС* бр. 104/2023.
- [3] Правилник о испитивању возила *Службени гласник РС* бр. 8/2012, 13/2013, 31/2013, 114/2013, 40/2014, 140/ 2014, 18/2015, 82/2015, 88/2016, 108/2016, 129/2021 - др. правилник, 83/2023, 7/2024, 55/2024.
- [4] Regulative (EU) 2024/1689: *Laying down harmonised rules on artificial intelligence* OJEU 12/07/2024
- [5] Савет Европе, Конвенција о вештачкој интелигенцији: <https://rm.coe.int/1680afae3c>
- [6] Стратегија развоја вештачке интелигенције у Републици Србији за период 2020.-2025. година, *Службени гласник РС* бр. 96/2019.
- [7] UNESCO RAM - <https://www.unesco.org/ethics-ai/en/ram>
- [8] Закључак о усвајању Етичких смерница за развој, примену и употребу поуздане и одговорне вештачке интелигенције *Службени гласник РС* бр. 23/2023.
- [9] Закон о основама безбедности саобраћаја на путевима *Службени гласник РС*, бр. 41/2009, 53/2010, 101/2011, 32/2013 - УС, 55/2014, 96/2015 - др. Закон, 9/2016 - УС, 24/2018, 41/2018, 41/2018 - др. Закон, 87/2018, 23/2019, 128/2020 - др. Закон, 76/2023
- [10] Закон о ауторском и сродним правима *Службени гласник РС*, бр. 104/2009, 99/2011, 119/2012, 29/2016 (УС), 66/2019
- [11] Закон о заштити података о личности *Службени гласник РС*, број 87/2018.

ПРИМЕНА ВЕШТАЧКЕ ИНТЕЛИГЕНЦИЈЕ У ДИЈАГНОСТИЦИ И ТЕРАПИЈИ КАРДИОВАСКУЛАРНИХ ОБОЉЕЊА

APPLIED ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DIAGNOSTICS AND THERAPY OF CARDIOVASCULAR DISEASES

НЕНАД ФИЛИПОВИЋ¹

Оригинални научни рад
DOI: 10.5937/VI24043F

Резиме: Коришћење рачунарске платформе може смањити трошкове и време потребно за развој нових модела медицинских уређаја и лекова. Европски пројекат STRATIFYHF развија и клинички валидира иновативни систем за подршку одлучивању заснован на вештачкој интелигенцији за предвиђање ризика од срчане слабости, олакшавајући његову рану дијагнозу и предвиђање прогресије, што ће радикално променити начин на који се управља срчаном слабошћу у примарној и секундарној нези. Развијен је коришћењем најсавременијег моделирања коначних елемената за макро симулацију интеракције течности и структуре са микро моделирањем на молекуларном нивоу за интеракцију лекова са срчаним ћелијама и коришћењем вештачке интелигенције. Рачунарска платформа као што је STRATIFYHF платформа је ново медицинско средство за предвиђање ризика од срчаних болести код одређеног пацијента.

Кључне речи: вештачка интелигенција (АИ), срчана слабост, систем за подршку одлучивању

Abstract: The use of a computational platform can reduce costs and time required for developing new models of medical devices and drugs. EU project STRATIFYHF is to develop and clinically validate a truly innovative AI-based Decision Support System for predicting the risk of heart failure, facilitating its early diagnosis and progression prediction that will radically change how heart failure is managed in both primary and secondary care. It is developed using state-of-the-art finite element modelling for macro simulation of fluid-structure interaction with micro modelling at the molecular level for drug interaction with the cardiac cells and using artificial intelligence.

¹ Ненад Филиповић, Универзитет у Крагујевцу, Факултет инжењерских наука, Сестре Јањић 6, Крагујевац, fica@kg.ac.rs, ORCID 0000-0001-9964-5615

Computational platforms such as STRATIFYHF platform is novel medical tool for risk prediction of cardiac disease in a specific patient.

Key Words: Artificial Intelligence (AI), Heart Failure, Decision Support System

1. Увод

Срце на микроскопском нивоу функционише као пумпа која непрекидно шаље крв у читаво људско тело. Да би се схватила интегрисана функција срца, неопходно је применити интердисциплинарни приступ, јер су ту укључени електрицитет, физичка хемија, механика чврстих тела и динамика флуида (мултифизичка симулација).

Веома је важно користити детаљан, сложен, анатомски прецизан модел целокупне електричне активности срца, што захтева дуже време израчунавања, наменски софтвер, па чак и употребу суперкомпјутера [10, 23]. Развили смо методологију за реални 3D модел срца користећи модел линеарног еластичног и ортотропног материјала заснован на Холзапфеловим експериментима. Примењујући ову методологију, можемо прецизно предвидети пренос електричних сигнала и подручје деформисања у срчаном ткиву [13] Недавно развијени рачунарски модели значајно су унапредили интегративно разумевање понашања срчаног мишића код хипертрофичне и дилатирание кардиомиопатије. Развој нових интегративних приступа моделирању могу бити делотворна алатка у препознавању типа и интензитета симптома код, на пример, пацијената са мултигенским поремећајем, и у оцени степена у којем је оштећена нормална физичка активност.

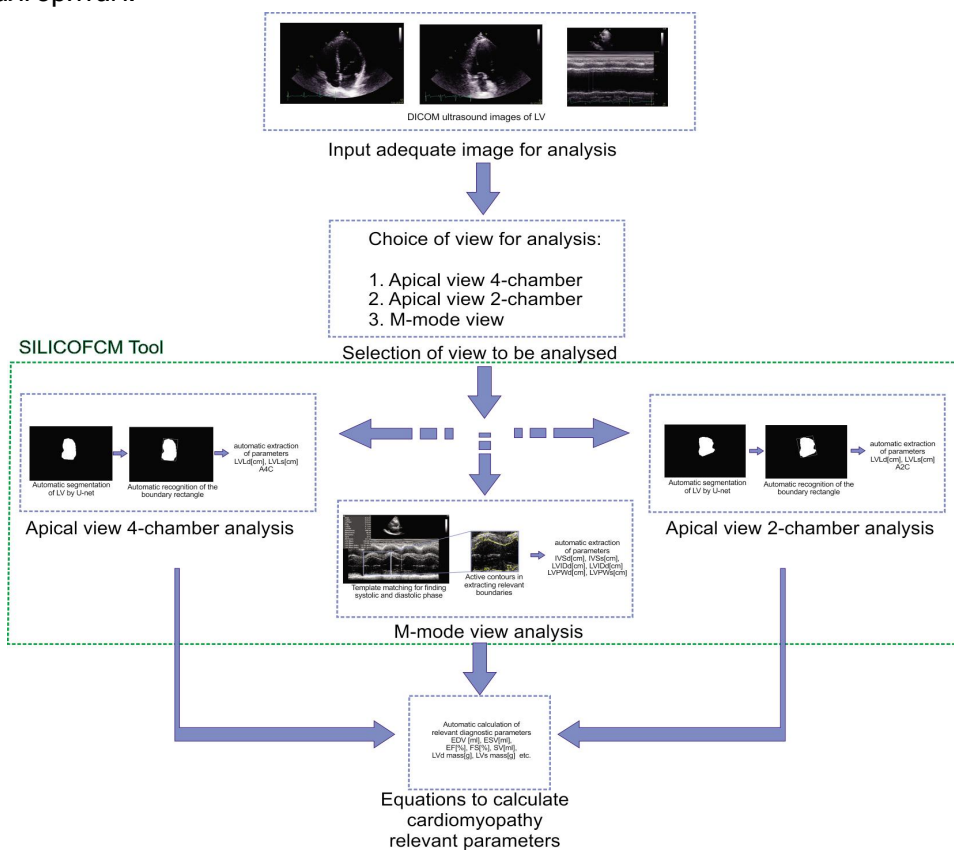
У последње време, машинско учење и вештачка интелигенција су брзо напредовали, проналазећи своју улогу у обради медицинских слика, дијагнози подржаној компјутерима, фузији слика, регистрацији, сегментацији слика, као и у лечењу вођеном сликама. Технике машинског учења извлаче информације (такозване карактеристике) из слика и успешно доносе одлуке [24].

Првенствени циљ пројекта STRATIFYHF јесте развој и клиничка потврда крајње иновативног система за подршку одлучивању заснованог на вештачкој интелигенцији за предвиђање ризика од срчане инсуфицијенције који олакшава рану дијагнозу и предвиђање прогресије болести, што ће из корена променити начин поступања у вези са срчаном инсуфицијенцијом како у примарној, тако и у секундарној нези. Овај систем интегрише податке усмерене на пацијента, добијене помоћу постојећих и нових технологија, дигиталне библиотеке о пацијентима и алгоритма и рачунарског моделирања заснованих на вештачкој интелигенцији.

2. Методологија

Реконструкција слике из ехокардиографије

Предложена методологија за реконструкцију ехокардиографских слика дели се у два дела: први део обухвата методе који се користе за анализу апикалног приказа, док други део обухвата методе који се користе за анализу М-режима приказа. Детаљан опис дат је на слици 1. Формат слике DICOM користи се као улаз за овај систем. Крајњи корисник (стручњак) бира који је поглед најбоље представљен сликом и ту информацију уноси у алгоритам.



Слика 1. Опис предложене методологије за аутоматску ултразвучну сегментацију срца и екстракцију геометријских параметара

Ако корисник има на располагању сва три приказа у систолној и дијастолној фази (што би требало да буде случај приликом снимања пацијента), сви релевантни параметри се могу израчунати на основу ова

три приказа, а затим се може обавити аутоматско израчунавање релевантних дијагностичких параметара кардиомиопатије (тј., EF [%], ES [%], SV [ml], LVd маса [g], LVs маса [g] итд.).

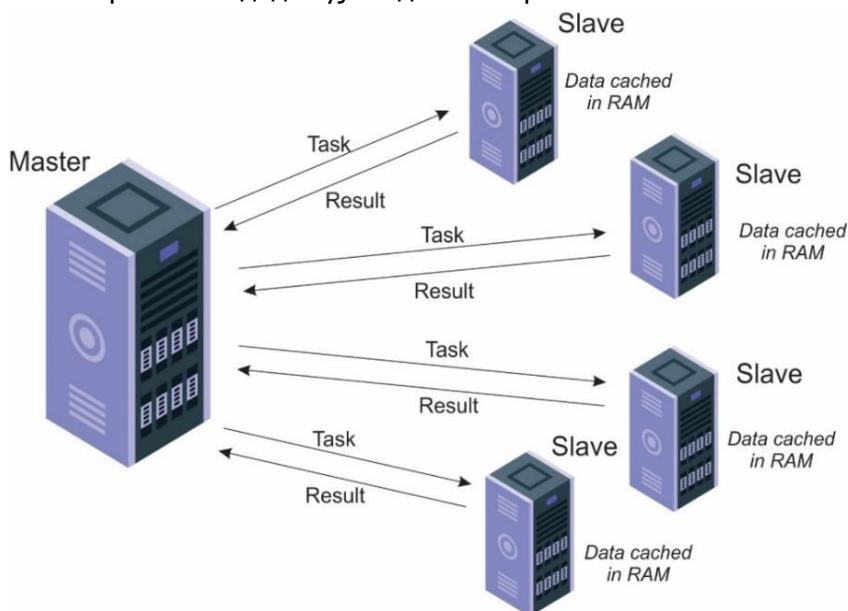
Технологије великих података за обраду медицинских слика

Паралелно рачунарство је препознато као кључна инфраструктура за управљање великим подацима. Оно може истовремено да обавља анализу на кластерима уређаја или суперкомпјутера. Технологија великих података се са вештачком интелигенцијом и масовним паралелним рачунањем може употребити за револуционарни начин предвиђања и персонализовану медицину [7]. Нови модели паралелног рачунања, на пример Google's MapReduce [5]: поједностављена обрада података на великим кластерима, (2008) су у протеклих неколико година предложени за нову инфраструктуру великих података. Компанија *Apache* је лансирала *Hadoop* [29], отворени софтвер MapReduce за управљање дистрибуираним подацима. Истовремено приступ подацима на кластерима сервера подржан је помоћу *Hadoop* система за дистрибуиране фајлове (HDFS).

Детаљан, сложен и анатомски прецизан модел целокупне електричне активности срца захтева огромно време израчунавања и употреба суперкомпјутера су већ установљени у литератури [10, 13]. Аутори овог рада недавно су развили методологију за реални 3D модел срца користећи модел линеарног еластичног и ортотропног материјала заснован на Холзапфеловим експериментима. Помоћу ове методологије се може прецизно предвидети пренос електричних сигнала и подручје померања у срчаном ткиву [9]. Клиничка потврда код људи је веома ограничена јер су симултани записи електричне дистрибуције читавог срца недоступни како из практичних, тако и из етичких разлога [9].

С друге стране, *Spark* компаније *Apache* је дистрибуирана рачунарска платформа која је постала један од најмоћнијих оквира за велике податке. Ова платформа пружа доследан и свеобухватан оквир за управљање потребама обраде великих података, користећи читав низ скупова података (подаци са графикона, подаци са слике/видео снимка, подаци из текста итд.) из разних извора (серија, стримовање у реалном времену) . Према његовим креаторима, оквир *Spark* замишљен је да се позабави недостацима оквира *Hadoop*. У појединим случајевима, оквир *Spark* се показао бржим од оквира *Hadoop* (преко 100 пута у меморији). Перформанса може бити бржа у односу на остале технологије великих података захваљујући предностима као што су складиштење података у меморији и обрада у готово реалном времену [27]. Оквир *Spark* може да припреми податке за итерацију, да их често испитује и уноси у меморију. Главни програм (покретач) оквира *Spark*

надгледа много чворова и прикупља њихове резултате, док чворови читавају блокове података из дистрибуираног система фајлова, покрећу разне обрачуне и бележе резултате на диску (слика 2). То значи да главни програм контролише и додељује задатке чворовима.



Слика 2. Обављање задатка помоћу технологија Spark – кластер са једним покретачем и четири чвора

Spark, као и Hadoop, је изграђен на MapReduce са паралелном обрадом, који тежи да обрати податке на једноставан и транспарентан начин у кластеру компјутера. Spark омогућава SQL упите, стримовање података, машинско учење и обраду података са графикона поред операција Map и Reduce [14]. У Spark-у, програм може повремено да покрене алгоритам у неколико алгоритама истовремено. Иако се број чворова може повећати услед величине скупа података, повећање броја чворова доводи и до продуженог времена обраде.

Радни ток тестирања лекова

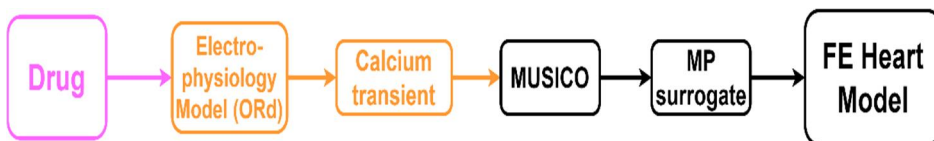
Дејства лекова се разликују у лечењу разних симптома повезаних са кардиомиопатијом. Пре свега, лекови који се симулирају користећи MUSICO [18] деле се у три главне групе или правца дефинисаних главним дејством сваког лека, као што је утицај на модулирање прелазних калцијума или промена кинетике контрактилних протеина. Свака група састоји се од две подгрупе засноване на типу кардиомиопатије:

I Модулација прелазних $[Ca^{2+}]$

HCM – Дисопирамид (Disopyramide), који снижава крајње горње и основне нивое прелазних $[Ca^{2+}]$ током контракција

DCM – Дигоксин (Digoxin), који повећава највећу вредност прелазних $[Ca^{2+}]$ током контракција, али не мења време приликом највеће активности и релаксације,

Радни ток тестирања ових врста лекова приказан је на слици 3. Експерименталне опсервације у акционим потенцијалима и променама у јонским струјама симулирају се помоћу електро-физиолошког модела О'Хара-Руди, који ствара међућелијске прелазне калцијуме као улаз за модел MUSICO и Мијаиловићев и Продановићев модел сурогата.



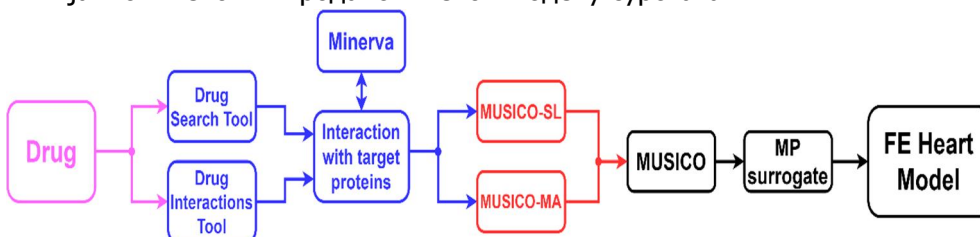
Слика 3. Деловање лека преко модулације прелазних калцијума кроз промене у јонским струјама или у својствима мембране.

II Промене у кинетичким параметрима

HCM – Мавакамтен (Mavacamten), који се повезује са регулисањем кинетичких стопа транзиције између поремећених стања одвојеног миозина и нормалног SRX стања

DCM – dATP, који модулира стопе циклуса попречног моста

Радни ток тестирања ових врста лекова приказан је на слици 4. Експерименталне опсервације у *in vitro* огледима које квантификују дејство одређеног лека (дозе) користе се за процену параметара у моделу MUSICO и Мијаиловићевом и Продановићевом моделу сурогата.



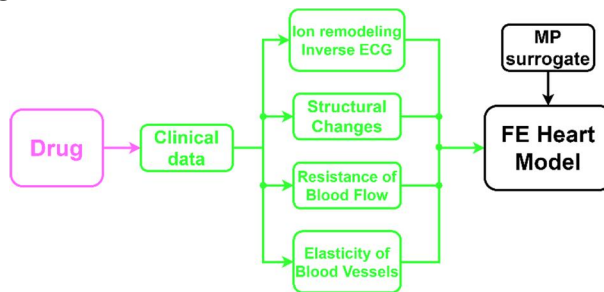
Слика 4. Дејство лека кроз промене у кинетици контрактилних протеина

С обзиром на то да лекови у групама I и II директно утичу на параметре у моделу MUSICO и у моделу сурогата, успели смо да предвидимо помоћу својих алата исход на генерисање силе у саркомерима током контракција.

III Промене у макроскопским параметрима

HCM – Entresto®, који делује на ремоделирање зидова леве коморе и моделира еластичност крвних судова, обично смањујући отпор на крвоток и побољшавајући минутни волумен срца код хипертрофичне кардиомиопатије.

Радни ток тестирања ових врста лекова приказан је на слици 5. Експерименталне опсервације у бројним клиничким испитивањима користе се као улаз за моделе коначних елемената који дају прецизан начин деловања лека Entresto®.



Слика 5. Дејство лека у оквиру макроскопских промена структурног и граничног стања.

3. Резултати

Симулације које користе виртуелно учитавање предвиђају промене у притиску и запремини леве коморе између здравог срца и срца са хипертрофичном кардиомиопатијом (HCM) и дилатираном кардиомиопатијом (DCM).

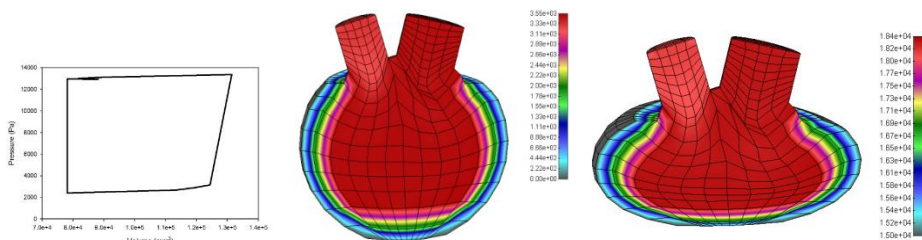
Утицај лека Ентресто

ENTRESTO® (Sacubitril/valsartan) је доказано бољи у односу на еналаприл у смањењу ризика од смрти и хоспитализације у случају срчане инсуфицијенције. Постоје и радови који процењују дејства сакубитрила/валсартана на клиничке, биохемијске и ехокардиографске параметре код пацијената са срчаном инсуфицијенцијом и смањеном фракцијом избацивања (HFrEF).

Нумерички резултати са платформе SILICOFCM код пацијената пре и после лечења леком Ентресто

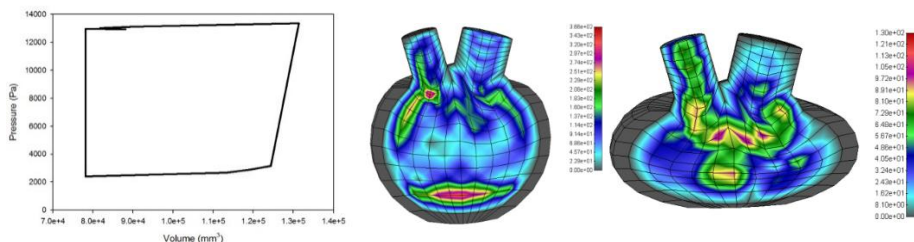
Овде смо покушали да опонашамо случајеве пацијената пре и после лечења леком Ентресто. Дијаграм притисак-запремина, дијастолна дистрибуција притиска и систолна дистрибуција притиска пре лечења овим леком

приказани су на слици 6. Ово представља типичног пацијента који болује од хипертрофичне кардиомиопатије са смањеном фракцијом избацавања и високим систолним притиском (слика 6 лево, дијаграм притисак-запремина).



Слика 6. Дијаграм притисак-запремина, дијастолна дистрибуција притиска, систолна дистрибуција притиска у случају пре лечења леком Ентресто

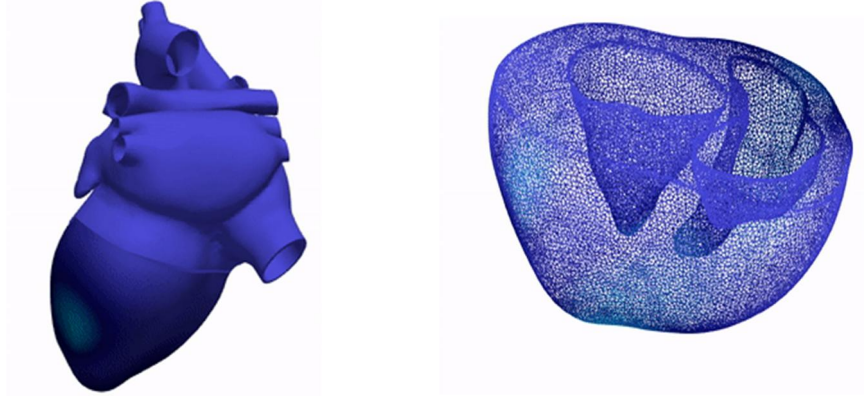
После лечења леком Ентресто (слика 7), можемо приметити нижи систолни притисак, као и повећану разлику између крајње дијастолне и крајње систолне запремина. То директно води до повећане фракције избацавања. Дијаграм притисак-запремина, дистрибуција брзине у дијастолној и систолној фази у случају након лечења леком Ентресто, приказан је на слици 7.



Слика 7. Дијаграм притисак-запремина, дистрибуција брзине у дијастолној фази, дистрибуција брзине у систолној фази у случају после лечења леком Ентресто.

Реална геометрија модела срца са деловима леве коморе и преткомора

Велики модел читавог срца са симулацијом деформације и мрежом генерисаном помоћу 3М коначних елемената приказан је на слици 8. Сви ови модели представљају интеграцију технологије великих података, рачунарства високих перформанси и модела коначних елемената. Употребљена је крајње специфична хардверска и софтверска технологија да би се подржала ова интеграција.



Слика 8. Велики модел тоталног срца. а) Симулација померања б) Мрежа генерисана помоћу 3М коначних елемената

4. Дискусија и закључци

Пројекат STRATIFYHF треба да развије и клинички потврди крајње иновативан систем за подршку одлучивању заснован на вештачкој интелигенцији за предвиђање ризика од срчане инсуфицијенције, олакшавајући рану дијагнозу и предвиђање прогресије болести, што ће из корена променити начин поступања у вези са срчаном инсуфицијенцијом како у примарној, тако и у секундарној нези

Моделирање срца за комбиновани приказ кардиомиопатије и електро-механике леве коморе анализирани су у пројектима SILICOFCM (www.silicofcm.eu) и STRATIFYHF (www.stratifyhf.eu). Аутоматска сегментација леве коморе и модел геометријских параметара који су екстраховани из ехокардиографског апикалног и М-режима приказа постигнути су помоћу архитектуре U-мреже. Развили смо модел који обухвата три кинетичка процеса интеракције саркомерних протеина: (i) кинетички прелаз између три стања попречног моста (стање одвојености и стања пре и после напајања струјом; (ii) Ca^{2+} регулација танких филаментних прекидача између блокираног и отвореног стања (тј., путем азимуталног кретања регулаторних јединица које садрже комплексе тропонин-тропомиозин); и (iii) процес везивања миозина за актин, где су регулаторне јединице у отвореном стању.

Представили смо дијаграме притисак-запремина са различитим пацијентима, као и дијастолну и систолну дистрибуцију притиска пре и после лечења лековима Ентресто и Дигоксин. Рачунарска платформа STRATIFYHF

је нови алат за предвиђање ризика срчане слабости код одређеног пацијента.

5. Изјаве захвалности

Овај рад подржали су програм Европске уније Хоризонт 2020 и Европски истраживачки и иновациони програм према уговору о бесповратним средствима, STRATIFYHF и Министарство науке, технолошког развоја и иновација Републике Србије, број уговора [451-03-65/2024-03/200107 (Факултет инжењерских наука, Универзитет у Крагујевцу)]. Рад изражава искључиво ауторове погледе. Европска комисија није одговорна ни за какву потенцијалну употребу информација које садржи овај рад.

5. Литература

- [1] Andreu-Perez J, Poon C, Merrifield R, Wong S. & Yang G. Big data for health. *IEEE journal of biomedical and health informatics*, 19(4), 1193-1208, 2015.
- [2] Armbrust M, Fox A. & Griffith R. A view of cloud computing. *Commun ACM*, 54(4), 50-58, 2010.
- [3] Belle A, Thiagarajan R, Soroushmehr S, Navidi F, Beard D. & Najarian K. Big data analytics in healthcare. *BioMed research international*, 370194, 2015.
- [4] Bosch J. G, et al. Automatic segmentation of echocardiographic sequences by active appearance motion models. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 21 (11), 1374–1383, doi: 10.1109/tmi.2002.806427, 2002.
- [5] Dean J. & Ghemawat S. MapReduce: simplified data processing on large clusters. *Communications of the ACM*, 51(1), 107-113, 2008.
- [6] Demchenko Y, Grosso P, De Laat C. & Membrey P. Addressing big data issues in scientific data infrastructure. In: 2013 *International conference on collaboration technologies and systems (CTS)* (pp. 48-55). IEEE, 2013.
- [7] Dilsizian S. E. & Siegel E. L. Artificial intelligence in medicine and cardiac imaging: harnessing big data and advanced computing to provide personalized medical diagnosis and treatment. *Current cardiology reports*, 16, 1-8, 2014.
- [8] Elliott, P. M. et al. *European Heart Journal*, 35(39):2733-79, 2014.
- [9] Filipovic N, Sustersic T, Milosevic M, Milicevic B, Simic V, Prodanovic M. & Kojic M. SILICOFCM platform, multiscale modelling of left ventricle from echocardiographic images and drug influence for cardiomyopathy disease. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 227, 107194, 2022.

- [10] Gibbons Kroeker C. A, Adeeb S, Tyberg J. V. and Shrive N. G. A 2D FE model of the heart demonstrates the role of the pericardium in ventricular deformation, *American Journal of Physiology*, vol. 291, no. 5, pp. H2229–H2236, 2006.
- [11] Hershberger et al. *Official journal of the American College of Medical Genetics*, 12(11):655-667, 2010.
- [12] Kojic M, Milosevic M, Simic V, Milicevic B, Geroski V, Nizzero S, Ziemys A, Filipovic N, Ferrari M. Smearred Multiscale Finite Element Models for Mass Transport and Electrophysiology Coupled to Muscle Mechanics, *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, ISSN 2296-4185, (7) 381, 1-16, 2296-4185, 2019.
- [13] Kojic M, Milosevic M, Simic V, Milicevic B, Geroski V. & Nizzero S. Smearred multiscale finite element models for mass transport and electrophysiology coupled to muscle mechanics. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 7(381), 2019.
- [14] Kouanou A. T, Tchiotsop D, Kengne R, Zephirin D. T, Armele N. M. & Tchinda, R. An optimal big data workflow for biomedical image analysis. *Informatics in Medicine Unlocked*, 11, 68-74, 2018.
- [15] Lavignon J. F, Lecomber D, Phillips I, Subirada F, Bodin F, Gonnord J. & Muggeridge M. *ETP4HPC strategic research agenda achieving HPC leadership in Europe*, 2013.
- [16] Luo J, Wu M, Gopukumar D. & Zhao Y. Big data application in biomedical research and health care: a literature review. *Biomedical informatics insights*, 8, BII-S31559, 2016.
- [17] McNally E. M. et al. *The Journal of Clinical Investigation*, 123(1):19-26, 2013.
- [18] Mijailovich S. M, Prodanovic M, Poggesi C, Geeves M. A, Regnier M. Multiscale modelling of twitch contractions in cardiac trabeculae, *J Gen Physiol*, 153 (3), 2021.
- [19] Mijailovich S. M, Stojanovic B, Nedic D, Svcevic M, Geeves M. A, Irving T. C, Granzier H. Nebulin and Titin Modulate Cross-bridge Cycling and Length Dependent Calcium Sensitivity *J Gen Physiol* 151(5), 680-704, 2019.
- [20] Moradi. S. et al. MFP-Unet: A novel deep learning-based approach for left ventricle segmentation in echocardiography, *Physica Medica*, 67, 58–69, 2019.
- [21] Noble J. A. and Boukerroui D. Ultrasound image segmentation: a survey, *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 25, 8, 987–1010, doi: 10.1109/tmi.2006.877092, 2006.

- [22] Parashar, M. Big data challenges in simulation-based science. *DICT@ HPDC*, 1-2, 2014.
- [23] Pullan, A. J, Buist M. L. and Cheng L. K. Mathematically Modelling the Electrical Activity of the Heart – from Cell to Body Surface and Back Again, *World Scientific*, 2005.
- [24] Razzak M. I, Naz S. & Zaib A. Deep learning for medical image processing: Overview, challenges and the future. *Classification in BioApps: Automation of Decision Making*, 323-350, 2018.
- [25] SILICOFCM: In Silico trials for drug tracing the effects of sarcomeric protein mutations leading to familial cardiomyopathy, 777204, 2018-2022, www.silicofcm.eu
- [26] STRATIFYHF: Artificial intelligence-based decision support system for risk stratification and early detection of heart failure in primary and secondary care, No 101080905, 2023-2028, www.stratifyhf.eu
- [27] Tchito Tchapgá C, Mih T. A, Tchagna Kouanou A, Fozin Fonzin T, Kuetche Fogang P, Mezatio B. A. & Tchiotsop D. Biomedical image classification in a big data architecture using machine learning algorithms. *Journal of Healthcare Engineering*, 1-11, 2021.
- [28] Trudel M. C, Dubé B, Potse M, Gulrajani R. M. and Leon L. J. Simulation of QRST integral maps with a membrane-based computer heart model employing parallel processing, *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 51, no. 8, pp. 1319–1329, 2004.
- [29] White T. *Hadoop: The Definitive Guide*. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc, 2015.

LJUDSKA I VEŠTAČKA INTELIGENCIJA U FUNKCIJI LOGISTIKE

HUMAN AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE FUNCTION OF LOGISTICS

SNEŽANA TADIĆ¹
MLADEN KRSTIĆ²
MILOŠ VELJOVIĆ³
MILOVAN KOVAČ⁴

Pregledni rad
DOI: 10.5937/VI24055T

Rezime: Postoje različite oblasti i potencijali primene algoritama i alata veštačke inteligencije u logistici. Veoma širok skup alata i metodologija veštačke inteligencije je pronašao praktičnu primenu u logistici: modeli mašinskog učenja (veštačke neuronske mreže, stabla odlučivanja, clustering algoritmi itd), metaheuristički algoritmi (genetski algoritam, algoritmi zasnovanih na inteligenciji grupe, algoritmi lokalne pretrage itd) i fuzzy sistemi. Primena veštačke inteligencije je u neizbežnoj vezi sa ljudima, njihovim radom, svešću, ponašanjem i inteligencijom, ima uticaj na njihovu ulogu u logistici, ali je i u neposrednoj zavisnosti od njihovih odluka, namera, osobina itd. U ovom radu razmatrane su mogućnosti i izgledi primene nekih alata veštačke inteligencije u logistici u kontekstu interakcije sa ljudskom inteligencijom.

Ključne reči: čovek, veštačka inteligencija, logistika, primena

Abstract: There are different areas and potentials for applying artificial intelligence (AI) algorithms and tools in logistics. A wide set of AI tools and methodologies has found practical application in logistics: machine learning models (artificial neural net works, decision trees, clustering algorithms, etc.), metaheuristic algorithms (genetic

¹ Snežana Tadić, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd, s.tadic@sf.bg.ac.rs, ORCID 0000-0003-4651-3699

² Mladen Krstić, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd, m.krstic@sf.bg.ac.rs, ORCID 0000-0002-7937-0543

³ Miloš Veljović, Univerzitet u Beogradu, Saobraćajni fakultet, Vojvode Stepe 305, Beograd, m.veljovic@sf.bg.ac.rs, ORCID 0000-0001-8024-3296

⁴ Milovan Kovač, Institute for Scientific Information – Clarivate, 22-24 New Street St. Helier Jersey, USA, milovan.kovac@clarivate.com, ORCID 0000-0003-4525-5245

algorithm, group intelligence-based algorithms, local search algorithms, etc.), and fuzzy systems. The application of AI is inevitably related to people, their work, awareness, behavior, and intelligence, it impacts their role in logistics, but it is also directly dependent on their decisions, intentions, characteristics, etc. This paper discusses the possibilities and prospects of applying AI tools in logistics that can interact with human intelligence.

Key Words: human, artificial intelligence, logistics, application

1. Uvod

Razvoj nauke i tehnike neminovno utiče i na logistiku. Inoviraju se logistički procesi, objekti, tehnologije, pristupi. Posebnu pažnju logističari posvećuju veštačkoj inteligenciji, odnosno alatima mašinskog učenja, metaheurističkih algoritama, fuzzy sistema itd. Ove alate osmislili su i razvili ljudi i njihova inteligencija. Dakle, preduslov za primenu veštačke inteligencije jeste ljudska inteligencija. Štaviše, projektovanje i razvoj tehnologija koje počivaju na veštačkoj inteligenciji treba da budu u skladu sa stvarnim, pažljivo utvrđenim potrebama logistike i logističara, a posebno uzimajući u obzir kompleksnost, nepredvidivost i specifičnost ljudskog razmišljanja, svesti, ponašanja, osećanja itd.

Primena veštačke inteligencije u logistici privukla je značajnu pažnju istraživača. Richey et al. (2023) su sintetizovali potencijale i izazove primene veštačke inteligencije u logistici. Chen et al. (2024) su razmatrali primenu veštačke inteligencije u cilju optimizacije u logistici prema kriterijumima održivosti. U nekim radovima razmatrana je i njena upotreba u logistici u kontekstu interakcije sa ljudima (npr. Klumpp, 2018; Klumpp & Ruiner, 2022).

U ovom radu razmatrana su područja i načini primene pojedinih alata veštačke inteligencije u logistici, kao njihova interakcija sa ljudskom inteligencijom, razmišljanjem i ponašanjem.

Rad je strukturiran na sledeći način. Nakon uvoda, u drugom poglavlju je opisana primena nekih alata veštačke inteligencije u logistici. Potom su u trećem poglavlju opisani mesto i uloga čoveka u primeni veštačke inteligencije u logistici. Na kraju su data zaključna razmatranja i preporuke za buduća istraživanja.

2. Primena alata veštačke inteligencije u logistici

U nastavku su predstavljeni neki od osnovnih alata i metodologija veštačke inteligencije i istaknuto je njihovo potencijalno područje primene u logistici. Posebna pažnja biće posvećena alatima mašinskog učenja, metaheurističkim algoritmima i fuzzy sistemima.

Mašinsko učenje

Mašinsko učenje se odnosi na skup alata u oblasti veštačke inteligencije koji omogućavaju učenje šablona i predviđanje na osnovu raspoloživih skupova podataka. U zavisnosti na koji način model sprovodi učenje iz podataka, alate mašinskog učenja je moguće klasifikovati na one koji se treniraju nadgledanim podučavanjem (engl. supervised learning), bez nadgledanog podučavanja (engl. unsupervised learning) i prisilnim podučavanjem (engl. reinforcement learning). Neki od najpopularnijih alata mašinskog učenja su neuronske mreže, support vector machines (SVM) (engl.), stabla odlučivanja (engl. decision trees), clustering (engl.) algoritmi (poput K-means, DBSCAN itd.), principal component analysis (PCA) (engl.) itd.

Neuronske mreže omogućavaju pronalaženje i analizu složenih zakonitosti iz zadatog skupa podataka. U radu (Soori et al., 2023) je dat pregled potencijalnih područja primene veštačkih neuronskih mreža u lancu snabdevanja. U logistici su pronašle primenu u predviđanju potražnje (Chen et al., 2020; Huang et al., 2021; Ma & Luo, 2021; Han & Wang, 2021), optimizaciji dostavnih ruta (Swaminathan et al., 2021; Ding et al, 2024), planiranju zaliha (He, 2013), predviđanju rizika (Xu et al., 2014), dizajniranju saobraćajno-logističkih mreža (Wang & Long, 2012), izboru lokacije logističkih objekata (Huang, 2012; Kaya & Öztürk 2017) itd. Kako bi rešio problem uticaja oštećenja tereta i emisije ugljenika iz vozila na rutiranje u prekograničnoj logistici e-trgovine poljoprivrednim proizvodima, Teng (2021) je predložio metodu planiranja optimalne rute zasnovanu na rekurentnoj neuronskoj mreži, koja se efikasno odupire uticaju eksternih faktora. Ovaj alat našao je primenu i u skladišnom podsistemu. Kako bi viljuškari bez posade imali mogućnost prepoznaju i lociraju palete u logističkim centrima i skladištima, predložen je algoritam detekcije zasnovan na dubokom učenju, odnosno neuronskoj mreži (Li et al, 2019).

SVM algoritmi su modeli učenja sa podučavanjem koji pronalaze optimalnu hiper-ravan (engl. hyperplane) koja svrsishodno razdvaja različite klase u okviru posmatrane populacije (skupa podataka) maksimizirajući margin između njih. Modeli zasnovani na SVM su efikasni za klasifikaciju, posebno kada su podaci složeni i višedimenzionalni. Neki od primera primene SVM u logistici su u domenu predviđanja potražnje (Gao & Feng, 2009), odabiru ruta vozila (Sun & Park, 2017), uočavanju defekata u podsistemu pakovanja (Yang et al, 2020), proceni rizika u logistici svežeg voća i povrća (Zhang et al, 2020) itd.

Decision trees modeli na osnovu karakteristika ulaznih podataka vrše konstrukciju najjednostavnijeg stabla odlučivanja koje dovoljno dobro generalizuje pravila i razlike između različitih kategorija. Ovi algoritmi definišu grane stabla na osnovu karakteristika podataka u cilju efikasnog predviđanja ili klasifikacija.

Neki od primera primene ovih algoritama su u domenu planiranja pretovara (Aguilar-Chinea et al, 2019), utvrđivanju gravitacione zone pomorskih kontejnerskih terminala (Thill & Venkitasubramanian, 2015), proceni složenosti logističkih lanaca za pojedine robne tokove (Pourabdollahi et al., 2014), proceni finansijskog rizika u logističkim projektima (Dong et al, 2024) itd.

Ova grupa algoritama je veoma popularna u rešavanju bilo koje vrste klasifikacionih problema. Spadaju u grupu algoritama koji uče bez nadgledanja. U postojećoj literaturi su korišćeni u segmentaciji tržišta (Vichev, 2023), lociranju logističkih centara (Gocer & Sener, 2021), zoniranju u city logistici (Regal et al, 2019).

PCA je tehnika smanjenja dimenzionalnosti visokodimenzionalnog skupa podataka. Osnovna ideja ove tehnike je da identifikacija najbitnijih parametara koji opisuju posmatrani skup podataka. Kao takva našla je široku primenu u logistici u domenu faktorske analize logističkih projekata (Ji & Zhao, 2012), lociranju logističkih centara (Wang & Zhao, 2010), uočavanju potencijalnih rizika i nepravilnosti u lancima snabdevanja (Wang et al, 2020), oceni performansi pružaoca logističkih usluga (Guo & Zhang, 2010), itd.

Metaheuristički algoritmi

Metaheuristički algoritmi predstavljaju opšte heuristike koje se koriste za rešavanje problema kombinatorne optimizacije (Teodorović & Selmić, 2019). Za razliku od heuristika koje su prilagođene specifičnim problemima i mogu se koristiti samo za rešavanje tih kojima su namenjene, metaheuristički algoritmi su uopštenije prirode i nisu vezani sa pojedinačne vrste problema. Oni predstavljaju efikasne i pametne strategije pretraživanja polja dopustivih rešenja posmatranog problema i osnovni cilj im je da nadmaše heuristike po pitanju kvaliteta rešenja a egzaktne pristupe po brzini rešavanja istog.

Postoje brojne grupe i podele metaheurističkih algoritama a neke od najzastupljenijih su evolutivni algoritmi, algoritmi zasnovani na inteligenciji grupe i algoritmi lokalne pretrage. Osim pomenutih, postoje i brojni hibridni modeli koji kombinuju ideje više različitih metaheuristika.

Od evolutivnih algoritama najpopularniji su genetski algoritmi. Oni predstavljaju optimizacione tehnike koje oponašaju proces prirodne selekcije. Od početne populacije potencijalnih rešenja se primenom različitih operatora (crossover i mutacije) „evoluiraju“ do optimalnog ili približno-optimalnog rešenja. Najširu primenu u logistici genetski algoritmi su našli u oblasti rutiranja vozila (Xin et al, 2022; Cui et al, 2023). Osim toga, primenjivani su i u optimizaciji logističkih mreža (Roghianian & Pazhoheshfar, 2014; Min et al, 2006), za lokacijske i lokacijsko-alokacijske probleme (Izdebski et al. 2016; Feng et al, 2013)

Algoritmi zasnovani na inteligenciji grupe oponašaju kolektivno ponašanje koje se sreće u prirodi kod pojedinih grupa organizama sa ciljem rešavanja složenih kombinatornih problema. Neki od najpopularnijih metaheurističkih algoritama iz ove grupe su optimizacija kolonijom mrava (engl. ant colony optimization), optimizacija kolonijom pčela (engl. bee colony optimization), optimizacija grupom čestica (engl. particle swarm optimization). Algoritmi iz ove grupe imaju izuzetno široku primenu a neki od primera su u domenu optimizacije dostavnih ruta (Liu, 2020), planiranju ruta u humanitarnoj logistici (Yi & Kumar, 2007), modeliranju logističkih mreža (Kovač et al. 2023), izbor lokacije logističkih centara (Ayid et al, 2024), izboru multimodalnih lanaca (Zheng et al, 2022) itd.

Algoritmi lokalne pretrage su po prirodi jednostavni i osnovna ideja im je da prostim operatorima pretrage zaobilaze lokalne optimume u kojima se heuristički algoritmi lako zarobljavaju. Najpoznatiji predstavnici iz ove grupe su simulirano kaljenje (engl. simulated annealing) i tabu pretraga (engl. taboo search). Algoritmi iz ove grupe su pronašli primenu u rutiranju vozila (Hongxue & Lingling, 2014), planiranju mreža povratne logistike (Pishvae et al., 2010), raspoređivanju radnika u logističkom centru (Xu et al, 2024), optimizaciji procesa komisioniranja (Wu & Wu, 2014), optimizaciji iskorišćavanja prostora u kontejnerima (Leon et al., 2019), za rešavanje p-median problema (Tadić et al, 2023) itd.

Fuzzy sistemi

Fuzzy sistemi su veoma primenjivi u logistici i lancima snabdevanja. Korišćeni su za lociranje VAL usluga u logističkoj mreži (Tadić et al, 2022), uzimajući u obzir vreme odgovora na zahtev korisnika, ekonomiju obima i frekvenciju isporuke, stabilnost i predvidivost potražnje, životni ciklus i maržu proizvoda, udeo transportnih u ukupnim troškovima itd. Takođe, korišćeni su za utvrđivanje vremena isporuke (Tadić et al, 2021), ocenu rizika u pomorskom transportu (Li et al., 2013), evaluaciju logističkih provajdera (Liu & Wang, 2009), evaluaciju performansi zelenog lanca snabdevanja (Pourjavad & Shahin, 2018). Fuzzy sistemi se koriste i za utvrđivanje kvaliteta logističke usluge (Kilibarda, 1998; Tadić et al, 2024a). Fuzzy sistemi su primenjivani i u kombinaciji sa drugim alatima veštačke inteligencije. Tako, Pamučar et al, (2013) su definisali neuro-fuzzy sistem za podršku odlučivanju u transportu.

3. Čovek i veštačka inteligencija u logistici

Pesnik Dragan Lakićević postavio je pitanje koje se može smatrati jednim od ključnih u vezi sa aktuelnim tehnološkim napretkom i veštačkom inteligencijom kao jednim od njegovih nosilaca: „Da li će veštačka inteligencija umeti da peva kao što smo mi pevali o njoj?“ Ovo pitanje je aluzija na stihove Branka Miljkovića,

„Da li će sloboda umeti da peva kao što su sužnji pevali o njoj?“. Miljković se pitao da li je čovek sposoban da oseti punoću slobode onda kada mu postane dostupna ili samo onda kada o njoj čežnjivo sanja. Lakićević se po uzoru na „brata po peru“, a zaokupljen pitanjima naše sadašnjosti i bliske budućnosti, zapitao da li će stvarnost dopunjena novim tehnološkim rešenjima zaista biti onakva kakva je bila i ostala u mašti mnogih naraštaja, i da li će i koliko veštačka inteligencija ličiti na ljudsku. Na ta pitanja, mogu se nadovezati i ova: može li, treba li i sme li nova tehnologija da funkcioniše bez čoveka? I može li čovek bez nove tehnologije? Najzad, i logističari postavljaju pitanja: kakav je i kakav će biti uticaj veštačke inteligencije i drugih pametnih tehnologija na logistiku, da li se njihovom primenom može doći do pametne logistike, da li će biti ispunjena očekivanja logističara od primene tehnologija, da li logističar može bez modernih tehnologija i da li one mogu bez čoveka u logistici?

Nije slučajno što je i sam pojam veštačka inteligencija skovan tako da ukazuje da se radi o tehnologiji koja oponaša čovekovo razmišljanje i ponašanje. Dakle, čovek je „mera svih stvari“ i u tvorenju jezika, i to možda upravo zato što su i ciljevi primene veštačke inteligencije usmereni na čoveka, njegovo okruženje i aktivnosti (Tadić et al, 2024). Na isti način su kreirani i pojmovi uže (veštački imuni sistemi, veštačke neuronske mreže), ali i šire obuhvatnosti, kao što su pametne tehnologije, pametni gradovi, pametna logistika itd.

Izraz „pametni“ ukazuje da entiteti koje opisuje imaju sposobnost inteligentne, efikasne i svrshodne realizacije različitih procesa, i njime se, kroz projektovanje naprednih ljudskih kognitivnih osobina, vrši svojevrsna personifikacija tih entiteta (Tadić et al, 2024). Veštačka inteligencija je neodvojiva od ljudske. Ljudi neminovno učestvuju u njenom projektovanju i kreiranju, prema svojoj meri, potrebama i zahtevima. I ne samo da čovek može i treba da bude uzor i etalon za projektovanje tehnologije, nego i čitava priroda. Jedan od najčvršćih i najpostojanijih tipova građevinskih konstrukcija, kakve se koriste i pri gradnji logističkih objekata, jesu sistemi rešetki rađeni po uzoru na paukove mreže. Alati kao što su optimizacija kolonijom mrava, optimizacija kolonijom pčela, inteligencija roja, jata i krda takođe predstavljaju „učenje iz primera dobre prakse“ koji postoje u prirodi.

U logistici, kao i drugim oblastima primene veštačke inteligencije, cilj je pažljivo i sveobuhvatno sagledati kakve su karakteristike procesa i aktivnosti, kakvo je mesto i uloga ljudi u njima, koji su rizici itd. Potom se u skladu sa tim različitim aspektima osmišljavaju i definišu i tehnološka rešenja. Rešenja veštačke inteligencije ne treba da budu kruto ustrojena. Na primer, alat veštačke inteligencije kojim se određuje vreme zadržavanja prilikom isporuke robe objektima u naseljenoj sredini svakako mora uzeti u obzir osnovne ulaze kao što

su veličina isporuke, struktura robe, udaljenost istovarnog mesta, broj radnika/manipulativnih sredstava, kompleksnost istovara robe itd. (Tadić et al, 2021). Ipak, zbog dinamičnosti i nedovoljne predvidivosti u logističkim operacijama, naročito u vezi sa ljudskim odlukama, nije moguće uvek i u potpunosti precizno odrediti vreme trajanja isporuke na osnovu ovih faktora. Mora se uzeti u obzir da postoji mogućnost predvidivih (ljudski faktor, faktori okruženja itd), ali i nepredvidivih odstupanja, koja pri javljanju može da percipira još uvek samo čovek. Drugim rečima, treba veštačku inteligenciju dodatno „očovečiti“, ali i nakon toga ne očekivati da ona u potpunosti zamenjuje čoveka, nego da mu bude vrlo korisno pomoćno sredstvo.

S druge strane, postoji opasnost od inercije i nekritičnosti u prihvatanju rezultata rada tehnologija, naročito onih koje pružaju podršku odlučivanju. „Prepuštanjem“ dela odlučivanja tehnologijama kao što je veštačka inteligencija smanjuju se potrebe za znanjem ljudi. Pozitivna strana ovakvog ishoda svakako jeste „oslobađanje“ vremena ljudi za druge operacije, unapređenje i optimizaciju u drugim oblastima itd. Ipak, iako „obučene“ od strane jedne grupe ili generacije ljudi, koja je svojim znanjem omogućila efikasan rad tehnologija, druge grupe ili naredne generacije ljudi nemaju potrebu celovitog sagledavanja svih znanja koja konstituišu tehnologije i njihov rad.

Rizici se ne odnose samo na situaciju „iznenadnog nestanka struje“, koja se često navodi kao primer neprilike koja bi dovela do kolapsa mnogih sistema. Iako i ovakve situacije treba ozbiljno razmotriti pri projektovanju sistema i procesa, ovo nije jedini, a verovatno ni glavni rizik. Jedan od osnovnih rizika je nemogućnost svrsishodne ljudske intervencije pri potrebi za modifikovanjem, dograđivanjem, podešavanjem tehnologija u uslovima stalnih promena i pojave neočekivanih situacija. Upravo iz ovih razloga, u logističkoj praksi retko postoje tipska softverska rešenja, koja se ne moraju pratiti i unapređivati tokom primene.

Veštačka inteligencija i druge pametne tehnologije nesumnjivo imaju značaj i veliki potencijal primene u logistici. Deo stručnjaka smatra da će tehnologije poput napredne robotike potpuno zameniti ljude u logističkim centrima, dok drugi smatraju da će ljudi i tehnologije radne zadatke obavljati zajedno (Parham & Tamminga, 2018). U svakom slučaju, izbor i primena tehnologija ne treba da budu olako shvaćeni i zasnovani samo na estetskim i marketiško-promotivnim kriterijumima, već moraju biti predmet dublje analize (ekonomske, bezbednosne, etičke, sociološke, psihološke itd.) (Veljović et al, 2024). Ukoliko kompanije ne bi procenjivale sve tehnologije prema svim značajnim kriterijumima, njihovo ulaganje u iste bi moglo biti uzaludno, nesvrsishodno i ekonomski destruktivno, a primenjene tehnologije umesto instrumenta za unapređenje

efikasnosti sistema - beskorisna inovacija, potrošena pokretačka energija i volja za kvalitetnim promenama itd.

Znanje o novim tehnologijama moraće biti šire rasprostranjeno i ukorenjeno među logističarima, a ne pripadati samo uskom krugu ljudi. U suprotnom, postojaće malobrojni „gospodari tehnologije“, koji njome mogu upravljati u potpunosti, dok će ostali biti „sluge tehnologije“, njeni puki korisnici, koji je ne poznaju dovoljno. Paralelno, potrebno je izgraditi svest o neophodnosti dobronamerne upotrebe i razvoja tehnologija. Tehnologiju uspostavlja čovek da bi mu služila i njegova pamet treba da upravlja njome. U suprotnom, u rukama ljudske nepromišljenosti, neinteligencije, nemarnosti ili zlonamernosti, ona može biti vrlo rđav instrument. Zbog toga je ljudska inteligencija preduslov za primenu veštačke inteligencije, ljudska pamet preduslov za primenu pametnih tehnologija, a njihova sinergija je najbolje rešenje u svim oblastima, pa i u logistici.

Odgovor autora na pitanje koje postavljaju i logističari i drugi koji razmatraju primenu novih tehnologija: „Može li tehnologija bez čoveka?“, bio bi, dakle: „ne“, a odgovor na pitanje: „Može li čovek bez nove tehnologije“ je: „Može, ali sa njom može biti lepše i lakše.“ U odgovaranju na ostala pitanja postavljena na početku ovog poglavlja, koja se tiču primene veštačke inteligencije i drugih tehnologija u logistici, može biti korisna misao još jednog pesnika, Viljema Šekspira: „Život nije ni bolji ni gori od naših snova. Samo potpuno drugačiji.“ Imajući u vidu istorijska iskustva razvoja i primene različitih izuma, inovacija, tehnologija, verovatno je da naša stvarnost i logistika sa veštačkom inteligencijom i drugim pametnim tehnologijama verovatno neće biti ni bolje ni gore (ili suprotno, verovatno će biti i bolje i gore) od naših snova, želja i planova, ali izvesno će biti drugačije od njih. Ali je zadatak logističara da svoju inteligenciju, znanja i trud ulože tako da primena tehnologija donese što je moguće više istinski pozitivnih efekata.

4. Zaključak

Veštačka inteligencija ima sve širu i raznovrsniju primenu u logističkim procesima, aktivnostima i podsistemima. Alati veštačke inteligencije koriste se za predviđanje, prognoziranje potražnje, zaliha i rizika, optimizaciju saobraćajno-logističkih mreža, planiranje i optimizaciju rutiranja, lokacijske i alokacijske probleme itd. Međutim, u projektovanju i razvoju ovih i sličnih alata i tehnologija neizostavno treba uzeti u obzir različite ekonomske, bezbednosne, etičke, sociološke, psihološke aspekte, kako bi one istinski bile po meri čoveka i logistike. U tom slučaju, one mogu doneti ciljani rezultat, a to je da budu korisna pomoćna ili sredstva koja zamenjuju čoveka u nekim poslovima, uz njegovu asistenciju, upravljanje, nadzor i/ili podešavanje prema potrebama procesa.

U ovom radu prikazane su oblasti primene pojedinih alata veštačke inteligencije u logistici, kao i mogućnosti i perspektive njihove primene u kontekstu interakcije sa ljudskom inteligencijom i ponašanjem. Time je ostvaren osnovni cilj i doprinos rada. Predmet budućih istraživanja može biti analiza primene alata veštačke inteligencije u pojedinim oblastima (npr. city logistika, isporuka na kućnu adresu, humanitarna logistika itd) ili podsistemima logistike (transport, skladištenje itd).

5. Literatura

- [1] Aguilar-Chinea R. M, Rodriguez I. C, Exposito C, Melian-Batista B. & Moreno-Vega J. M. Using a decision tree algorithm to predict the robustness of a transshipment schedule. *Procedia Computer Science*, 149, 529-536, 2019.
- [2] Ayid Y. M, Zakaraia. & Eltoukhy M. M. An artificial bee colony optimization algorithms for solving fuzzy capacitated logistic distribution center problem. *MethodsX*, 13, 102964, 2024.
- [3] Chen Y, Wu Q. & Shao L. Urban cold-chain logistics demand predicting model based on improved neural network model. *International Journal of Metrology and Quality Engineering*, 11, 5, 2020.
- [4] Chen W, Men Y, Fuster N, Osorio C, & Juan A. A. Artificial Intelligence in Logistics Optimization with Sustainable Criteria: A Review. *Sustainability*, 16(21), 9145, 2024.
- [5] Cui H, Qiu J, Cao J, Guo M, Chen X. & Gorbachev S. Route optimization in township logistics distribution considering customer satisfaction based on adaptive genetic algorithm. *Mathematics and Computers in Simulation*, 204, 28-42, 2023.
- [6] Ding M, Guo Y, Huang Z, Lin B. & Luo H. GROM: A generalized routing optimization method with graph neural network and deep reinforcement learning. *Journal of Network and Computer Applications*, 229, 103927, 2024.
- [7] Dong D, Lin B. & Dong X. Logistics financial risk assessment based on decision tree algorithm model. *Procedia Computer Science*, 243, 1095-1104, 2024.
- [8] Feng X, Zhang Y, Li Y. & Wang W. A Location-Allocation Model for Seaport-Dry Port System Optimization. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2013(1), 309585, 2013.
- [9] Gao M. & Feng Q. Modeling and Forecasting of Urban Logistics Demand Based on Support Vector Machine. Proceedings of the 2009 Second Inter-

- national Workshop on Knowledge Discovery and Data Mining, Moscow, Russia, 23–25 January 2009, pp. 793–796, 2009.
- [10] Gocer F. & Sener N. Spherical fuzzy extension of AHP-ARAS methods integrated with modified k-means clustering for logistics hub location problem. *Expert Systems*, 39(2), e12886, 2021.
- [11] Guo Z. & Zhang Y. The third-party logistics performance evaluation based on the AHP-PCA model. In Proceedings of the 2010 *International Conference on E-Product E-Service and E-Entertainment*, Henan, China, 2010, pp. 1-4, 2010.
- [12] Han C. & Wang Q. Research on commercial logistics inventory forecasting system based on neural network. *Neural Computing and Applications*, 33, 691-706, 2021.
- [13] He, W. An inventory controlled supply chain model based on improved BP neural network. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2013, 537675, 2013.
- [14] Hongxue Y. & Lingling X. Routing optimization based on taboo search algorithm for logistic distribution. *Journal of Networks*, 9(4), 1033-1039, 2014.
- [15] Huang L. Modeling and Planning on Urban Logistics Park Location Selection Based on the Artificial Neural Network. *Journal of Computers*, 7(3), 792-797, 2012.
- [16] Huang L, Xie G, Zhao W, Gu Y. & Huang Y. Regional logistics demand forecasting: a BP neural network approach. *Complex & Intelligent Systems*, 1-16, 2021.
- [17] Izdebski M Jacyna-Gołda, I. & Wasiak M. The application of genetic algorithm for warehouse location in logistic network. *Journal of KONES*, 23, 2016.
- [18] Ji S. W. & Zhao L. S. Key factors analysis of port logistics development based on Principal Component Analysis. *Applied Mechanics and Materials*, 253-255, 1522-1526, 2012.
- [19] Kaya B. & Öztürk N. An artificial neural network approach for the logistics center location selection. *Journal of Management Marketing and Logistics*, 4(2), 107-115, 2017.
- [20] Klumpp, M. Automation and artificial intelligence in business logistics systems: human reactions and collaboration requirements. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 21(3), 224-242, 2018.
- [21] Klumpp M. & Ruiner C. Artificial intelligence, robotics, and logistics employment: The human factor in digital logistics. *Journal of Business Logistics*, 43(3), 2022.

- [22] Kovač M, Tadić S, Krstić M. & Roso V. Modelling dry port systems in the framework of inland waterway container terminals. *CMES – Computer Modeling in Engineering and Sciences*, 137(1), 1019-1046, 2023.
- [23] Leon P, Cueva R, Tupia M. & Dias G. P. *A taboo-search algorithm for 3D binpacking problem in containers. Advances in Intelligent Systems and Computing*, 930, Springer, Cham, 2019.
- [24] Li T, Huang B, Li C. & Huang M. Application of convolution neural network object detection algorithm in logistics warehouse. *The Journal of Engineering*, 2019(23), 9053-9058, 2019.
- [25] Lin L, Gen M. & Wang X. A hybrid genetic algorithm for logistics network design with flexible multistage model. *International Journal of Information Systems for Logistics and Management*, 3(1), 1-12, 2007.
- [26] Liu, W. Route optimization for last-mile distribution of rural E-commerce logistics based on Ant Colony Optimization. *IEEE Access*, 8, 12179-12187, 2020.
- [27] Liu H, Zhan P. & Zhou M. Optimization of a logistics transportation network based on a genetic algorithm. *Mobile Information Systems*, 2022(1), 1271488, 2022.
- [28] Ma H. & Luo X. Logistics demand forecasting model based on improved neural network algorithm. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 40(4), 6385-6395, 2021.
- [29] Min H, Ko H. J. & Ko C. S. A genetic algorithm approach to developing the multi-echelon reverse logistics network for product returns. *Omega*, 34(1), 56-69, 2006.
- [30] Pamučar D, Lukovac V. & Pejčić-Tarle S. Application of adaptive neuro fuzzy inference system in the process of transportation support. *Asia-Pacific Journal of Operational Research*, 30(02), 1250053, 2013.
- [31] Parham S, Tamminga H. J. The adaptation of the logistic industry to the fourth industrial revolution: The role of human resource management. *Journal of Business Management & Social Science Research*, 7, 179–191, 2018.
- [32] Pishvae M. S, Kianfar K. & Karimi B. Reverse logistics network design using simulated annealing. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 47, 269-281, 2010.
- [33] Pourabdollahi Z, Karimi B Mohammadian, A. K. & Kawamura, K. Shipping chain choices in long-distance supply chains: Descriptive analysis and decision tree model. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2410(1), 58-66, 2014.

- [34] Pourjavad E. & Shahin A. The application of Mamdani fuzzy inference system in evaluating green supply chain management performance. *International Journal of Fuzzy Systems*, 20, 901-912, 2018.
- [35] Regal A, Gonzalez-Feliu J, Rodriguez M. & Juganaru-Mathieu M. Defining urban logistics profile zones in South American metropolis by combining functional and spatial clustering techniques. Proceedings of the 2019 *International Conference on Control, Automation and Diagnosis (ICCAD)*, Grenoble, France, 2019, pp. 1-6, 2019.
- [36] Richey Jr, R. G, Chowdhury S, Davis-Sramek B, Giannakis M. & Dwivedi Y. K. Artificial intelligence in logistics and supply chain management: A primer and roadmap for research. *Journal of Business Logistics*, 44(4), 532-549, 2023.
- [37] Roghanian E. & Pazhoeshfar P. An optimization model for reverse logistics network under stochastic environment by using genetic algorithm. *Journal of Manufacturing Systems*, 33(3), 348-356, 2014.
- [38] Soori M, Arezoo B. & Dastres R. Artificial neural networks in supply chain management, a review. *Journal of Economy and Technology*, 1, 179-196, 2023.
- [39] Sun B, & Park B. B. *Route choice modelling with Support Vector Machine. Transportation Research Procedia*, 25, 1806-1814, 2017.
- [40] Swaminathan A, Chaba M, Sharma D. K. & Ghosh U. GraphNET: Graph neural networks for routing optimization in software defined networks. *Computer Communications*, 178, 169-182, 2021.
- [41] Tadić S, Krstić M, Stević Ž. & Veljović M. Locating Collection and Delivery Points Using the p-Median Location Problem. *Logistics*, 7(1), 10, 2023.
- [42] Tadić S, Kilibarda M. & Veljović M. The Impact of Rail Transport Service Quality on Intermodal Transport Quality: a Model for Evaluation. *Tehnika*, 79(5), 635-642, 2024a.
- [43] Tadić S, Krstić M. & Veljović M. Logistics of smart cities, Proceedings of the *3rd International Conference on Advances in Traffic and Communication Technologies AI Crossroads: Shaping the Future of Traffic and Communications*, ATCT 2024, Sarajevo, BiH, 6 - 7. 6. 2024, (In press), 2024b
- [44] Teng S. Route planning method for cross-border e-commerce logistics of agricultural products based on recurrent neural network. *Soft Computing*, 25(18), 12107-12116, 2021.
- [45] Teodorović D. & Šelmić M. *Computer intelligence in traffic*. University of Belgrade, Faculty of Transport & Traffic Engineering, 2019.

- [46] Thill J. C. & Venkitasubramanian K. Multi-layered hinterland classification of Indian ports of containerized cargoes using GIS visualization and decision tree analysis. *Maritime Economics & Logistics*, 17, 265-291, 2015.
- [47] Veljović M, Tadić S. & Krstić M. Last Word in Last-Mile Logistics: A Novel Hybrid Multi-Criteria Decision-Making Model for Ranking Industry 4.0 Technologies. *Mathematics*, 12(13), 2010, 2024.
- [48] Vichev S. Application of K-means clustering algorithm with RFM for customer segmentation in logistics sector. *Vanguard Scientific Instruments in Management*, 1, 199-211, 2023.
- [49] Wang W. & Zhao Q. Studies on supply logistics distribution center location based on principal component analysis for coal enterprise, Proceedings of the 2010 *International Conference on Logistics Systems and Intelligent Management (ICLSIM)*, Harbin, China, pp. 212-215, 2010.
- [50] Wang D. Z. & Lang M. X. An Artificial Neural Network-Based Method for Railway Logistics Network Design. *In Advanced Engineering Forum* (Vol. 6, pp. 924-931). Trans Tech Publications Ltd, 2012.
- [51] Wang J, Swartz C. L. E, Corbett B. & Huang K. Supply chain monitoring using principal component analysis. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 59(27), 12487–12503, 2020.
- [52] Wu Y. & Wu Y. Taboo search algorithm for item assignment in synchronized zone automated order picking system. *Chinese Journal of Mechanical Engineering*, 27, 860-866, 2014.
- [53] Xin L, Xu P. & Manyi G. Logistics distribution route optimization based on genetic algorithm. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022(1), 8468438, 2022.
- [54] Xu W, Zhang Z, Gong D. & Guan X. Neural network model for the risk prediction in cold chain logistics. *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*, 9(8), 111-124, 2014.
- [55] Xu J, Wu H, Cheng Y, Wang L, Yang X, Fu X. & Su Y. Optimization of Worker Scheduling at Logistics Depots Using Genetic Algorithms and Simulated Annealing. arXiv preprint arXiv:2405.11729, 2024.
- [56] Yang X, Han M, Tang H., Li Q. & Luo X. Detecting defects with Support Vector Machine in logistics packaging boxes for edge computing. *IEEE Access*, 8, 64002-64010, 2020.
- [57] Yang D. & Wu P. E-Commerce Logistics Path Optimization Based on a Hybrid Genetic Algorithm. *Complexity*, 2021(1), 5591811, 2021.
- [58] Yi W. & Kumar A. Ant colony optimization for disaster relief operations. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43(6), 660-672, 2007.

- [59] Zhang G, Li G. & Peng J. Risk assessment and monitoring of green logistics for fresh produce based on a Support Vector Machine. *Sustainability*, 12(18), 7569, 2020.
- [60] Zhao J, Xiang H, Li J, Liu J. & Guo L. Research on logistics distribution route based on multi-objective sorting genetic algorithm. *International Journal on Artificial Intelligence Tools*, 29(07n08), 2040020, 2020.
- [61] Zheng C, Sun K, Gu Y, Shen J. & Du M. Multimodal transport path selection of cold chain logistics based on improved particle swarm optimization algorithm. *Journal of Advanced Transportation*, 2022(1), 5458760, 2022.

CHATGPT: OTKRIJTE MAGIJU VELIKIH JEZIČKIH MODELA

CHATGPT: DISCOVER THE MAGIC BEHIND LARGE LANGUAGE MODELS

NIKOLA JELISAVAC¹

Pregledni rad
DOI: 10.5937/VI24069J

Rezime: Ovaj rad predstavlja pristupačan uvod u Velike Jezičke Modele (VJM) za inženjerske stručnjake izvan domena softverskog inženjerstva. Povlačeći paralele između ljudske kognicije i veštačkih neuronskih mreža, objašnjavamo fundamentalne koncepte koji stoje iza VJM-a, njihov proces treniranja i operativne karakteristike. Cilj rada je da demistifikuje ove kompleksne sisteme kroz pristupačne analogije i praktične primere, sa posebnim osvrtom na arhitekturu modela, proces treniranja i primenu u inženjerskoj praksi.

Glavne reči: Veštačka inteligencija (VI), Veliki jezički modeli (VJM), agenti

Abstract: This paper presents an accessible introduction to Large Language Models (LLMs) for engineering professionals outside the field of software engineering. By drawing parallels between human cognition and artificial neural networks, we explain the fundamental concepts behind LLMs, their training process, and operational characteristics. The aim of this paper is to demystify these complex systems through relatable analogies and practical examples, with special emphasis on model architecture, training process, and applications in engineering practice.

Key Words: Artificial Intelligence (AI), Large Language Models (LLM), Agents

1. Uvod

Pojava Velikih jezičkih modela (engl. Large Language Models – LLM), čiji je primer sistem ChatGPT (engl. Chat Generative Pre-Trained Model), predstavlja značajan napredak u veštačkoj inteligenciji u protekloj deceniji. Da bismo razumeli ove sofisticirane sisteme, ključno je ispitati njihovu arhitekturu, metodologiju treniranja i operativne principe na način koji će biti razumljiv široj inženjerskoj publici i van softverske industrije - koristeći analogije koje su bliske

¹ Nikola Jelisavac, Microsoft, Seattle, USA, nikola.jelisavac@gmail.com, ORCID 0009-0007-8937-172X

ljudskom umu. Povezujući koncepte sa svakodnevnim ljudskim iskustvima, nadam se da ćemo osvetliti osnovnu tehnologiju na pristupačan način, što će omogućiti praktično razumevanje ovih modela.

2. Arhitektura neuronske mreže: biološka paralela

U srži svakog velikog jezičkog modela nalazi se neuronska mreža koja funkcioniše slično kao neuroni u ljudskom mozgu. Zamislite milijarde međusobno povezanih čvorova koji prenose signale jedan drugom. Ovi čvorovi se prilagođavaju na osnovu ulaza i utiču na „odluke“ jedni drugih—baš kao što neuroni u našem mozgu reaguju kada su stimulisani. Kada je veliki jezički model inicijalno kreiran, on podseća na mozak novorođenčeta: mreža nasumičnih, besmislenih veza. U toj fazi, VJM ne zna ništa i proizvodi izlaze koji nemaju nikakvu koherenciju.

3. Trening faza 1: unos znanja

Prva kritična faza u razvoju VJM-a uključuje izlaganje neuronske mreže ogromnim količinama tekstualnih informacija. Ovo uključuje: tehničke članke, objavljene knjige, akademske radove, javno dostupan sadržaj. Metodologija treniranja koristi jedinstveni pristup fokusiran na predviđanje sledeće reči. Sistem uči tako što mu se pokaže deo teksta iz izvornog materijala i VJM treba da predvidi sledeću reč u sekvenci, na osnovu prethodnog konteksta. Na primer:

- Ulaz: „Sunce sija, nebo je ___“
- Očekivani izlaz: „plavo“

Proces obuke uključuje pravljenje predviđanja i njihovo ispravljanje—slično načinu na koji ljudi uče kroz pokušaje i greške. U početku, model će praviti greške, predviđajući pogrešne reči ili besmislene rečenice. Kada napravi ove greške, koristi se proces nazvan povratna propagacija (engl. Backpropagation). Povratna propagacija je proces koji omogućava modelu da prilagodi jačine veza između svojih čvorova na osnovu grešaka u predikciji, slično kao kada osoba ispravlja svoje zaključke kroz povratne informacije iz okruženja. Važno je razumeti da model ne memoriše reči tačno onako kako se pojavljuju, već stvara veze između koncepata. Kao što ljudi možda neće zapamtiti svaki tačan izraz iz knjige, ali mogu da se sete ključnih koncepata i da ih izraze svojim rečima, tako i VJM-i formiraju apstraktne predstave podataka iz tekstualnog materijala.

4. Igra „Sledeća reč“ i izgradnja koherencije

Osnovna funkcija VJM-a je da predviđa sledeću reč u nizu - što može zvučati obmanjujuće jednostavno ali zaista funkcioniše u praksi, gde kroz nastavljanje sadržaja predviđajući reč po reč, VJM mogu da formiraju kompleksne misli.

Da bismo ovo ilustrovali, setite se popularne igre reči koju ste možda igrali kao deca. U ovoj igri deca sede u krugu i svako izgovara po jednu reč, kako bi zajedno izgradili priču. Svako dete dodaje reč na osnovu onoga što je prethodno rečeno. Na primer:

- Prvo dete: „Danas“
- Drugo dete: „Danas je“
- Treće dete: „Danas je lep“
- Četvrto dete: „Danas je lep dan“

Ova jednostavna igra demonstrira kako sekvencijalno predviđanje reči može stvoriti koherentan i smislen sadržaj. Da bismo dodatno ilustrovali važnost znanja i konteksta, razmotrimo proširenje ove igre na grupu profesora fizike kojima je postavljeno pitanje o Ajnštajnovoj čuvenoj jednačini. Profesori, oslanjajući se na svoje stručno znanje, mogu uspešno konstruisati jednačinu reč po reč:

- Prvi profesor: „E“
- Drugi profesor: „E jednako“
- Treći profesor: „E jednako m“
- Četvrti profesor: „E jednako m c“
- Peti profesor: „E jednako m c kvadrat“
Alternativno, mogu početi drugačije:
- Prvi profesor: „Ajnštajnova“
- Drugi profesor: „Ajnštajnova čuvena“
- Treći profesor: „Ajnštajnova čuvena formula“
- Četvrti profesor: „Ajnštajnova čuvena formula glasi“
- Peti profesor: „Ajnštajnova čuvena formula glasi E“ i tako dalje...
Ovaj primer ilustruje nekoliko ključnih tačaka:
- Sposobnost generisanja tačnih odgovora zavisi od posedovanja neophodnog znanja (deca koja bi igrala istu igru ne bi mogla da proizvedu odgovor o Ajnštajnovoj jednačini)
- Ista informacija se može izraziti počevši od različitih tačaka, pri čemu naredni učesnici prilagođavaju svoje doprinose u skladu sa tim
- Jednom kada se izabere određeni put, odgovori moraju slediti taj kontekst sekvencijalno

Ovo preslikava način na koji VJM-i funkcionišu - oni generišu tekst na osnovu svog treniranog znanja, mogu pristupiti temama iz različitih početnih tačaka, ali su ograničeni na kretanje napred sa izabranim putem, bez mogućnosti da se vrate unazad i revidiraju svoj pristup jednom kada je započet. Kvalitet ovih predviđanja u potpunosti zavisi od baze znanja stečene tokom treniranja.

5. Trening faza 2: usklađivanje modela za interakciju sa ljudima

Prva faza obuke uči VJM ogromnoj količini znanja, ali to samo po sebi nije dovoljno da bi model bio koristan za efektivnu interakciju sa ljudima. U ovom stadijumu VJM-i mogu generisati odgovore koji su činjenično tačni, ali neusa- glašeni sa očekivanjima tipičnih razgovora. Na primer, ako se postavi pitanje „Koji je glavni grad Francuske?“, model bi mogao pratiti obrazac i odgovoriti sa „Koji je glavni grad Srbije?“, umesto odgovora koji bi većina ljudi očekivala na postavljeno pitanje – „Pariz“. Slično, model bi mogao nastaviti odgovor sa pes- mom, dugačkim tekstom gde bi kratak odgovor bio dovoljan, odgovoriti drugim jezikom i ostalim opcijama koje bi formirale tačne rečenice ali ne bi bile očekivani primereni odgovor.

Da bi ovi modeli mogli smisleno da komuniciraju sa ljudima, istraživači uvode fazu dodatnog treninga da bi naučili model da usaglasi odgovore sa ljudskim očekivanjima. Tokom ove faze, model se obučava na hiljadama primera ručno napisanih razgovora između čoveka i zamišljenog korisnog asistenta. Ovi razgovori su ručno kreirani kako bi precizno izrazili način na koji bi koristan asistent trebalo da komunicira - prikazujući odgovarajući ton, dužinu odgovora i sadržaj za različite tipove upita. Nakon ove faze, model uči da pruža korisne, sažete i relevantne odgovore, kao i da ljubazno odbije neprikladne zahteve.

6. Dvojna priroda ljudskog razmišljanja i VJM-a

Iz psihologije, ljudska kognicija se može grubo kategorizovati na dva načina razmišljanja: „Sistem 1“ i „Sistem 2“. Sistem 1 je brzo, intuitivno razmišljanje - ono koje koristimo da odmah odgovorimo na osnovu iskustva ili „osećaja iz stomaka“. Sistem 2 je sporije, namerno razmišljanje koje koristimo za složeno rasuđivanje. VJM-i, onakvi kakvi postoje danas, rade slično ljudskom „Sistem 1“ načinu razmišljanja. Oni generišu odgovore odmah na osnovu prethodnog učenja, bez dubokog promišljanja ili planiranja. Iako je ovo dovoljno za mnoge zadatke, dolazi sa određenim ograničenjima. Ako VJM počne da ide pogrešnim putem u svom odgovoru, ne može se vratiti unazad i ispraviti se.

7. Ključne karakteristike i ograničenja

Na osnovu dosadašnjih objašnjenja kako funkcionišu VJM-i rezimiraćemo par njihovih ključnih karakteristike i ograničenja, a zatim ćemo razmotriti nekoliko strategija za prevazilaženje datih ograničenja.

1. Statična baza znanja

- Slično kako student nakon završenog fakulteta prestaje da se fokusira na učenje i umesto toga se fokusira na primenu stečenog znanja u poslu, VJM

završavaju svoje učenje nakon faze treninga i ne stiču novo znanje u interakcijama sa ljudima.

- Da bi stekli novo znanje, model mora da se ponovo trenira na dodatnom tekstu.

2. Dominacija „Sistema 1“

- Odgovori postojećih VJM-a su trenutni i intuitivni, slično kako ljudi razmišljaju po „Sistemu 1“ većim delom svog dana.
- Iako je ovo praktično u većini situacija, ovaj način razmišljanja donosi i ograničenja u vidu mogućnost revizije ili preispitivanja početnih izlaza potrebno za rešavanje jako kompleksnih problema.

3. Standardizovani obrasci interakcije

- Odgovori su kalibrisani prema prosečnim stilovima ljudske interakcije, sa konzistentnim nivou učtivosti i formalnosti, i predodređenim rukovanjem osetljivim temama.
- Ovim pristupom je interakcija sa VJM olakšana jer sa vrlo malo informacija mogu da odgovore na dobar standardizovani način. Međutim, nekad bi VJM mogao da pruži bolje odgovor koji bi bio više prilagođen datom problemu i znanju korisnika.

7. Napredni saveti za korišćenje VJM-a

Na osnovu dosadašnjeg učenja o VJM-a, možemo primeniti nekoliko trikova kako bismo izvukli maksimum iz ovih modela.

Prva stvar koju treba imati na umu jeste da ovi modeli operišu u „Sistemu 1“ razmišljanja, što znači da će se osloniti na prvu misao koja im padne na pamet. Kao i kod ljudi, prva ideja nije uvek najbolja, stoga umesto da tražite samo jedno rešenje, možete tražiti pet ili deset predloga. VJM-ima je lako da generišu više rešenja, a možete ih i usmeriti upitom da želite da budu različita i originalna, i da VJM sagleda problem iz različitih perspektiva. Ova strategija posebno je korisna u kreativnim zadacima i rešavanju kompleksnih problema, gde različite perspektive mogu dovesti do inovativnijih rešenja.

Sledeća tehnika se odnosi na ulogu modela. Iako su VJM-i trenirani da odgovaraju na pitanja na „prosečan“ način, možete im dodeliti specifičnu ulogu. Na primer, možete ih zamoliti da odgovore kao naučnik iz oblasti elektroinženjeringa ili kao vrhunski geolog. Ovim postupkom fokusirate model na znanje koje poseduje iz te specifične oblasti, što može rezultirati preciznijim i relevantnijim odgovorima.

Treća tehnika je personalizacija odgovora prema nivou razumevanja korisnika. Iako su modeli trenirani da pružaju „prosečno najbolje“ odgovore, mogu se fino prilagoditi specifičnim potrebama korisnika. Ako ste novi u nekoj oblasti i želite osnovno objašnjenje, možete reći modelu da objasni pojmove kao da priča sa srednjoškolcem. S druge strane, ako ste stručnjak, možete tražiti od modela da koristi stručne termine i pruži duboko tehničko objašnjenje. Takođe, možete odrediti stil odgovora da li treba da bude napisan kao tehnički rad, email ili tekst za objavu na društvenim mrežama.

Još jedna važna tehnika je davanje primera modelu. Iako VJM-ovi ne mogu trajno učiti iz interakcija, mogu efikasno adaptirati svoje odgovore prema datim primerima unutar jedne sesije. Na primer, ako želite da napišete email koji zvuči slično vašim prethodnim emailovima, možete modelu pružiti nekoliko primera i reći mu da se ugleda na te stilove. Model će prilagoditi svoj odgovor kako bi odgovarao uzorcima koje ste mu dali.

Peti savet je podstaći model na više iteracija odgovora. Kao što često ljudi rade u praksi, prvo pravimo grubi nacrt teksta, zatim ga pročitamo i poboljšavamo. Slično, možete zamoliti model da nakon prvog odgovora, iskritikuje ono što je napisao, a zatim da napravi novu verziju baziranu na kritikama i sugestijama prethodne verzije. Na ovaj način, dobijate značajno unapređen odgovor.

Zanimljiva tehnika koja podstiče model na dublje razmišljanje za teže probleme jeste sledeći primer. Slično kao kod ljudi, strategija da prvo razbijemo problem na osnovne komponente na višem nivou pre nego što razmotrimo detalje dovodi do boljeg rešenja, ovo možemo primeniti i na VJM.

Jednostavnim zahtevom posle pitanja da želimo da VJM reši problem „korak po korak“, gde se od modela eksplicitno traži da razloži problem na manje celine i metodički pristupi rešenju, dokazano dovodi do značajnog unapređenja u rezultatima.

8. Nova faza u razvoju VJM-a: „Duboko razmišljanje“

Do sada smo govorili o „Sistemu 1“ razmišljanja koji VJM-i koriste, ali istraživači rade na sledećem nivou pristupa, razvijajući modele koji mogu uključiti i više faze razmišljanja koja će biti slična ljudskom „Sistemu 2“ razmišljanja. OpenAI, kompanija koja je tvorac ChatGPT-a, je nedavno lansirala ranu probnu verziju modela po imenu „O-1“ koji ima novu fazu obuke koja uči model tehnikama automatskog rezonovanja, kao i fazu „razmišljanja“ pre davanja konačnog odgovora na korisnikovo pitanje. U ovoj fazi, model može unapred planirati, analizirati i revidirati svoj odgovor pre nego što ga pruži korisniku. Ovaj proces pomaže da se poveća tačnost i kvalitet rešenja za složenije probleme.

9. Integracija sa alatima i praktična primena

Značajan napredak u razvoju VJM-a predstavlja njihova sposobnost interakcije sa eksternim alatima.

Da bi razmotrili ovaj slušaj i zašto bi ovo bilo korisno, ilustrovaćemo na primeru matematičkih operacija. Zamislimo situaciju kada je potrebno izračunati kvadrat broja. Kada je u pitanju jednostavan zadatak poput „ 3^2 “, većina ljudi može trenutno odgovoriti „9“ koristeći memorisano znanje. Međutim, kada se suočimo sa zadatkom poput „ 3.12345^2 “, situacija je značajno drugačija. Iako razumemo koncept kvadriranja, većina ljudi će posegnuti za kalkulatorom. Slično tome, VJM-ovi poseduju razumevanje matematičkih koncepata, ali mogu biti precizniji kada im se omogući pristup računarskim alatima za izvršavanje složenih kalkulacija.

Međutim do sada smo pričali samo o mogućnostima da VJM može tekstom da odgovori na dati upit, onda se postavlja pitanje kako je moguće da damo VJM moć da pokreću alate? Da bismo razumeli kako bi ovo mogli da ostvarimo, osvrnimo se opet na jedan primer iz ljudske interakcije. Posebno je interesantna analogija sa situacijom pružanja tehničke podrške preko telefona. Zamislite scenario gde pokušavate pomoći nekome da reši problem na računaru putem telefonskog razgovora.

Ne možete direktno videti ili kontrolisati njihov računar, ali možete davati precizna uputstva tekstom i primati povratne informacije o rezultatima svake akcije. Integracija VJM-a sa eksternim alatima funkcioniše na sličan način. U uputstvu za VJM pruža se opis dostupnih alata. U slučaju da VJM želi da koristi alat za određeni problem, u odgovoru će dati precizne instrukcije kako koristiti alat. Sistem koji koristi VJM potom izvršava te instrukcije i vraća rezultat kao odgovor VJM-u, koji dalje interpretira dobijene rezultate. Ovaj pristup značajno proširuje VJM-ove praktične mogućnosti.

Ova integracija sa alatima već je implementirana u vodećim VJM platformama. Na primer, ChatGPT kroz svoju funkciju „Code Interpreter“ (interpreter računarskog koda) ili „Advanced Data Analysis“ (napredna analiza podataka) omogućava modelu da direktno izvršava programski kod za rešavanje kompleksnih zadataka. Korisnik može zatražiti ne samo izračunavanje složenih matematičkih izraza, već i kreiranje vizuelizacija podataka. Na primer, model može napisati Python kod (Python je popularni programski jezik) koji će izračunati vrednost složenog izraza i prikazati rezultate kroz graf, što demonstrira sposobnost kombinovanja matematičke preciznosti sa vizuelnom prezentacijom podataka. Napomena: ova funkcionalnost je dostupna samo u plaćenju verziji ChatGPT-a.

Slika 1 i 2 prikazuju kako ChatGPT generiše kod za crtanje grafa kvadratne funkcije i izračunavanje vrednosti za 3.14. Korisnik može kliknuti na oznaku „Analyzed“ ili „[>_]“ da bi pregledao kod koji je ChatGPT generisao i koji je izvršen u pozadini, nakon čega je rezultat vraćen ChatGPT-u radi završetka odgovora.

Claude.ai je platforma sa vodećim VJM modelom koja demonstrira jedinstveni pristup integraciji alata putem sistema „artefakata“. Ovaj sistem omogućava kreiranje interaktivnih web komponenti direktno u razgovoru, što je posebno korisno za izradu specijalizovanih mini aplikacija za određene domene. Na primer, model može kreirati:

- Interaktivne 3D reprezentacije molekula za hemičare,
- Kalkulatore specifičnih formula za geologe,
- Vizuelizacije podataka za analitičare.

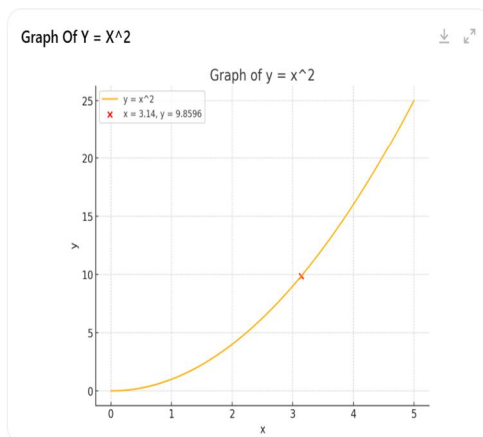
Ove komponente mogu se deliti sa drugim korisnicima putem jedinstvenih URL-ova, čime se omogućava saradnja i širenje znanja unutar stručnih zajednica.

ChatGPT 4o

Share

iskoristi tvoj Code Interpreter tool da izracunas x na kvadrat za vrednost 3.14 i nacrtaj graf za tu funkciju

Analyzed



Rezultat za x^2 kada je $x = 3.14$ iznosi 9.8596. Na grafikonu je prikazana funkcija $y = x^2$, a tačka za $x = 3.14$ je označena crvenom bojom. [↩]

Slika 1. ChatGPT koristi Code Interpreter alat (izvor: ChatGPT)



Analyzed ^

```
python

import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

# Define the value
x_value = 3.14
# Calculate x squared
x_squared = x_value ** 2

# Create an array for x values
x = np.linspace(0, 5, 100)
# Calculate y = x^2 for the range of x values
y = x ** 2

# Plotting
plt.figure(figsize=(8, 6))
plt.plot(x, y, label='y = x^2')
plt.scatter(x_value, x_squared, color='red', label=f'x = {x_value}, y = {x_squared}')
plt.xlabel('x')
plt.ylabel('y')
plt.title('Graph of y = x^2')
plt.legend()
plt.grid(True)
plt.show()

x_squared
```

Result
9.8596

Slika 2. Programski kod koji je ChatGPT napisao za predhodni problem (izvor: ChatGPT)

10. Agentni sistemi u praksi

Korišćenje alata predstavlja dodatnu mogućnost primene veštačke inteligencije. Umesto pružanja jednostavnih odgovora korisniku, kombinacija alata omogućava kreiranje sistema u kojem veštačka inteligencija dobija instrukcije za obavljanje kompleksnih zadataka iz određenih oblasti, čime postaje „agent“ zadužen za izvršenje tih uloga. Takođe, do sada su navedeni primeri podrazumevali da korisnik uvek inicira interakciju sa VJM-om. Međutim, moguće je uspostaviti automatsku integraciju sa VJM-om koja će se aktivirati prilikom

dostupnosti novih podataka. Najjednostavnije je ilustrovati ove koncepte na primerima.

Jednostavan primera agenata se može ilustrovati kroz konkretan primer automatske obrade sastanaka u Microsoft Teams-u. Nakon snimljenog sastanka, sistem automatski šalje transkript VJM-u, koji zatim generiše sažetak ključnih tačaka, identifikuje akcione stavke i označava odgovorne osobe. Ovo je efikasan primer kako VJM može delovati autonomno, preuzimajući ulogu virtuelnog sekretara koji obrađuje informacije i proizvodi korisne rezultate bez direktne ljudske intervencije.

Još jedan praktičan primer je automatizacija email komunikacije, gde agent može samostalno:

- Proceniti prioritet dolazne poruke
- Odgovoriti na rutinska pitanja koristeći postojeću dokumentaciju
- Proslediti kritične poruke odgovarajućim menadžerima
- Generisati predloge odgovora za složenije upite

Velike firme su zainteresovane za korišćenje VJM-a za stvaranje agenata koji unapređuju rad i automatizuju procese. Microsoft je uveo opciju jednostavnog definisanja agenta u sklopu Microsoft Copilot Studio platforme.

11. Korišćenje multimodalnih modela

Jedan od poslednjih napredaka u oblasti VJM-a je integracija različitih modaliteta. U novijim verzijama, modeli su obogaćeni sposobnošću da razumeju slike, video i zvuk pored teksta.

Ovo znači da model može interpretirati šta se nalazi na slici ili razumevati emocionalni kontekst u audio zapisu, i na osnovu toga pružiti odgovor. Pored toga, modeli sada mogu direktno generisati audio izlaze koji zvuče prirodnije, sa bogatijom intonacijom i emocijom.

Ove sposobnosti otvaraju vrata za potpuno nove scenarije, kao što su prirodne interakcije sa korisnicima preko telefona, automatizovano zakazivanje sastanaka, ili čak inicijalna komunikacija sa klijentima pre nego što se uključi prava osoba.

Razumevanje slika takođe može doprineti naprednim mogućnostima kao što su automatsko prepoznavanje i analiza dokumenata, dijagnostika u medicini kroz analizu medicinskih snimaka, kao i prepoznavanje objekata i situacija na sigurnosnim kamerama radi poboljšanja sigurnosti. Iako je ovo bilo moguće u određenoj meri i ranije, sada postaje jednostavnije da jedan VJM pokrije sve ove primene. Na primeru prikazanom na slici 3, može se videti kako Claude.ai može precizno identifikovati geološki naziv minerala sa slike.



Slika 3. Claude.ai odgovor na upit za prepoznavanje kamena na slici (izvor: Claude.ai)

12. Zaključak

Razumevanje principa rada VJM-a, njihovih mogućnosti i ograničenja ključno je za njihovu efektivnu primenu u praksi. Kroz pravilnu primenu opisanih strategija i tehnika, možemo značajno unaprediti kvalitet i korisnost njihovih odgovora. Integracija sa alatima i proširene mogućnosti interpretacije različitih medija transformišu način na koji možemo koristiti ove sisteme.

Kontinuirani razvoj u oblastima naprednog rezonovanja, zajedno sa mogućnostima autonomnog delovanja kroz agentne sisteme, otvara put ka još sofisticiranijim primenama. Budućnost će doneti dalja unapređenja u oblasti autonomije, kontekstualnog razumevanja i prirodosti interakcije, čineći ove sisteme još moćnijim alatima u rukama stručnjaka različitih profila.

13. Literatura

- [1] *Introducing OpenAI o1* Dostupno na: <https://openai.com/o1/> (Pristupljeno: 6.11.2024), 2024.
- [2] Takeshi K, Shixiang Shane G, Machel R, Yutaka M, Yusuke I, *Large Language Models are Zero-Shot Reasoners*, NIPS'22: Proceedings of the 36th

- International Conference on Neural Information Processing Systems (2022), arXiv:2205.11916, 2022
- [3] *New autonomous agents scale your team like never before* (2024). Dostupno na: <https://blogs.microsoft.com/blog/2024/10/21/new-autonomous-agents-scale-your-team-like-never-before/> (Pristupljeno: 6.11.2024)
 - [4] Kahneman D, *Thinking, Fast and Slow*, Farrar, Straus and Giroux, New York, 2011
 - [5] *Function calling*. Dostupno na: <https://platform.-openai.com/-docs/guides/-function-calling> (Pristupljeno: 6.11.2024)
 - [6] *ChatGPT can now see, hear, and speak* (2023). Dostupno na: <https://openai.com/index/chatgpt-can-now-see-hear-and-speak/> (Pristupljeno: 6.11.2024)

INTELLIGENT CYBER-PHYSICAL SYSTEMS FOR MANUFACTURING

ИНТЕЛИГЕНТНИ САЈБЕР-ФИЗИЧКИ СИСТЕМИ ЗА ПРОИЗВОДЊУ

GORAN PUTNIK¹
LUIS FERREIRA²
VIJAYA KUMAR MANUPATI³
PEDRO PINHEIRO⁴
LEONILDE VARELA⁵
CATIA ALVES⁶

Original scientific paper
DOI: 10.5937/VI24081P

Abstract: The paper referred shortly to applications of Artificial Intelligence and Machine Learning (AI/ML) in manufacturing. The paper is structured in three parts: the first part provides a general review of AI/ML in manufacturing, the second part presents the Cyber-Physical Systems (CPS) as one of the main constructs of manufacturing systems within the Industry 4.0 characterized by use of AI/ML, together with an example of AI/ML based CPS efficiency. The third part presents some possible future developments related to manufacturing, especially in the context of prevised, by many authors, future AGI and ASI (Artificial General Intelligence, and Artificial Super Intelligence).

Key Words: Artificial Intelligence (AI), Machine Learning (ML), Manufacturing, Applications

¹ Goran D. Putnik, ALGORITMI Research Centre/LASI, University of Minho, Guimaraes, Portugal, putnikgd@dps.uminho.pt, ORCID 0000-0003-3378-6866

² Luis Ferreira, 2Ai - School of Technology, IPCA, Portugal, LASI – Associate Laboratory of Intelligent Systems, lufer@ipca.pt, ORCID 0000-0001-9635-5372

³ Vijaya Kumar Manupati, Indian Institute of Management Mumbai, India, manupativijay@iimmumbai.ac.in, ORCID 0000-0002-3744-1315

⁴ Pedro Pinheiro, ALGORITMI Research Centre/LASI, University of Minho, Guimaraes, Portugal, pedro.tele9@gmail.com, ORCID 0000-0001-7849-4109

⁵ Leonilde Varela, ALGORITMI Research Centre/LASI, University of Minho, Guimaraes, Portugal, leonilde@dps.uminho.pt, ORCID 0000-0002-2299-1859

⁶ Catia Alves, 2Ai - School of Technology, IPCA, Portugal, LASI – Associate Laboratory of Intelligent Systems, catia.veiga.alves@gmail.com, ORCID 0000-0001-6445-5475

Резиме: Рад укратко приказује примене вештачке интелигенције и машинског учења (ВИ /МУ) у производњи. Структуриран је у три дела - први део даје општи преглед ВИ /МУ у производњи, други део представља сајбер-физичке системе (СПС) као један од главних елемената производних система у оквиру Индустије 4.0 коју карактерише употреба АИ/МУ, заједно са примером ефикасности СПС базираних на АИ/МУ. У трећем делу су представљени неки елементи будућег развоја у вези са производњом, посебно у контексту трендова претпостављених, од стране многих аутора, будућих АГИ и АСИ (Вештачка општа интелигенција и вештачка супер интелигенција).

Кључне речи: Вештачка интелигенција (ВИ), машински учење (МУ), производња, примене

1. Introduction

Artificial Intelligence and/or Machine Learning (AI/ML) is/are nowadays one of the few most popular themes in the technology developments, seen as the main instruments to achieve the „sustainability“ (where „sustainability“ is, in fact, seen mostly as the concept for keeping the concurrency, considering that „sustainability“ has a number of definitions).

Manufacturing is just one of the numerous fields that are objects of AI/ML applications.

To recognize the AI/ML applications in manufacturing, it is necessary to consider other terms that implies the use of AI/ML. These terms are „intelligent“ and „smart“. I.e. the terms „intelligent manufacturing“ and „smart manufacturing“, and their derivatives, could be considered as synonyms for AI/ML applications in manufacturing.

This paper presents some aspects of AI/ML applications in manufacturing only, although some future developments would present some more advanced SI/ML approaches not so regularly found in the most of the literature. Further, the paper presents the issue of AI/ML in manufacturing through the Cyber-Physical Systems (CPS) as virtually one of the most important constructs of the manufacturing system within the concept of Industry 4.0 and that implies the use of AI/ML.

The paper is further organized as follows: the second chapter presents a shorter review of the literature concerning the use of AI/ML in manufacturing, the third chapter gives an introduction to CPS, or when referred within the manufacturing or production systems Cyber-Physical Production Systems (CPPS), and the fourth chapter presents just a few of the results of AI/ML applications efficiency in manufacturing in order to illustrate its potential. The fifth chapter presents some possible future developments of AI/ML with

reference to manufacturing. Finally, the paper finishes with short conclusions and the list of references.

2. The role of AI/ML in manufacturing

Concerning AI/ML in manufacturing, there could be different „schemes“, or frameworks, on how to present the role of AI/ML in manufacturing. For example, in (Plathottam, S. J, et al, 2023), a framework is presented, given in Figure 1, that considers four global layers: 'learning paradigms', 'learning models/techniques', 'learning tasks' and 'manufacturing industrial application'. Considering, further, that the first three layers are of general concern of AI/ML theory, and not specific to manufacturing, which are supposed to be discussed in other type of papers, this paper will present mainly a review of application in manufacturing ('manufacturing industrial applications'), except in some specific cases not sufficiently referred in the general and manufacturing oriented literature (such as "double loop machine learning").

A brief view on the literature on AI/ML applications to manufacturing, could identify two global groups of papers: the papers reviewing AI/ML in manufacturing in general, and the papers reviewing AI/ML in some specific fields of manufacturing covering different „dimensions“ of manufacturing, some of them (the „dimensions“) referring to management and education for AI/ML applications in manufacturing.

Examples of the literature addressing AI/ML in manufacturing in general, including intelligent and smart manufacturing, are:

- (Nti I. K, et al, 2022), (Mypati O, et al, 2023), (Li B. H, et al, 2017), (Hassani I. E, Mazgualdi C. E. & Masrouf T, 2019), (Jan Z. et al, 2023), (Yao, X, et al, 2017), (Lee J, et al, 2018), (Wuest T, et al, 2016), (Rai R. et al, 2021), (Kinkel S, Baumgartner M. & Cherubini E, 2022), (Gao R. X, et al, 2024). The last one, (Gao R. X, et al, 2024), is one of the most recent and virtually most comprehensive concerning the „classical“ manufacturing.

The papers reviewing AI/ML in some specific fields of manufacturing covering different „dimensions“ of manufacturing usually refer to

- basic, „classical“, manufacturing processes, such as scheduling, maintenance, machine vision, costs, quality, big data analytics, ERP, system degradation and upgradation, and others.
- „higher“ structures of manufacturing systems and processes, such as supply chains and enterprises, strategy (of manufacturing developments), energy and resource efficiency, circular economy, education, innovation, human resources management, accounting and auditing practices, marketing,

- advanced manufacturing concepts, such as cognitive manufacturing, predictive manufacturing, robotics, additive manufacturing, green manufacturing, reconfigurable manufacturing, service industry, customized manufacturing, zero-defect manufacturing, sustainable manufacturing, secure manufacturing, etc.

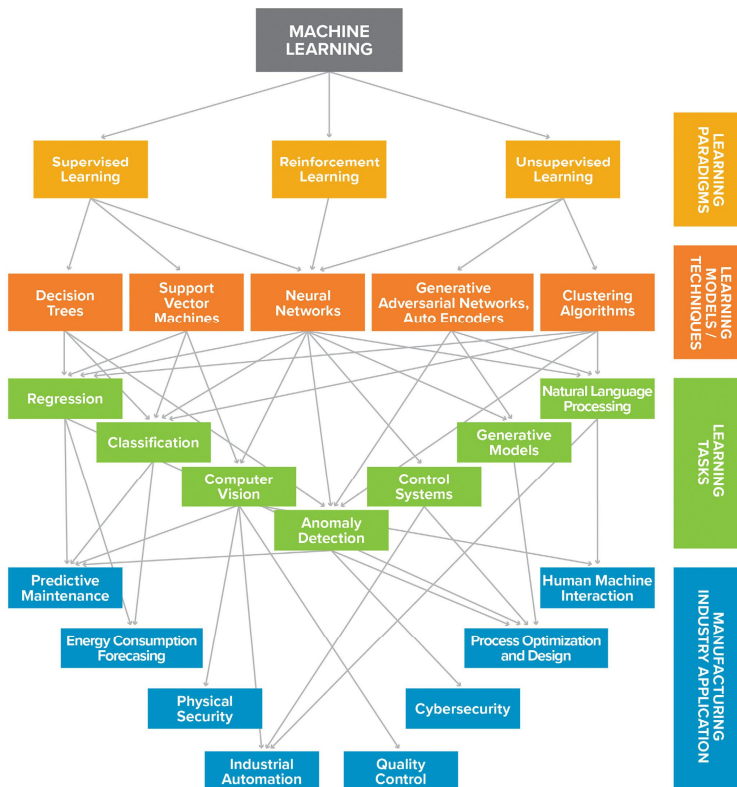


Figure 1. Common categories for various aspects of AI/ML applications in manufacturing. After (Plathottam, S. J, et al, 2023)

and in a number of manufacturing sectors, not only the metalworking industry, e.g: food industry, biotechnology industry, biopharmaceutical industry, drug industry, software manufacturing, textile manufacturing, automotive manufacturing, battery manufacturing, semiconductor manufacturing, process industry, material sciences, and other.

3. Cyber-physical systems in manufacturing

The first question could be „Why special attention to Cyber-Physical Systems (CPS)?“. The answer lies in the fact that CPSs are one of the most important

constructs of advanced manufacturing, especially within the concept of Industry 4.0. CPS, or when referred within the manufacturing or production systems Cyber-Physical Production Systems (CPPS), are considered a new paradigm of control systems, see e.g. (Putnik G. D, et al., 2019), (Putnik G. D. 2021).

However, it is necessary to take into account the existence of a number of definition what is CPS (CPPS). In (Putnik G. D, et al, 2019) is given a list of definitions that range from relatively simple models of CPS, we could call them „reductionists’ models” to models that, in our opinion, makes a truly new paradigm. In other words, there is a „spectrum” of definitions, Figure 2., ranging from the „classical” control paradigm, presented in Figure 3a, through CPS without learning (denoted as I⁰-CPS or CPS⁰), Figure 3b, and CPS with (single-) loop learning (denoted as I¹-CPS or CPS¹), Figure 3c, to the paradigm characterized by the double-loop learning, i.e. by the meta-learning (denoted as I²-CPS or CPS²), presented in Figure 3d.

The differentiation feature is exactly in the existence of the „ (machine) learning” module, i.e. in the existence of AI/ML applications to decision making. While the CPS¹ already include „learning”, and therefore it is an „intelligent” CPS, i.e. with AI/ML implemented, this model still does not satisfy the CPS definition given by (Lee, E. A, 2008) which states that CPS are: „Embedded computers and networks monitor and control the physical processes, usually with feedback loops where physical processes affect computations and vice versa (...)”. The feature „where physical processes affect computations and vice versa” is fully satisfied only in CPS² architecture. It implies the existence of a „meta-learning” layer, in other words „second-loop learning”, that is capable to change the learning algorithm in the first loop.

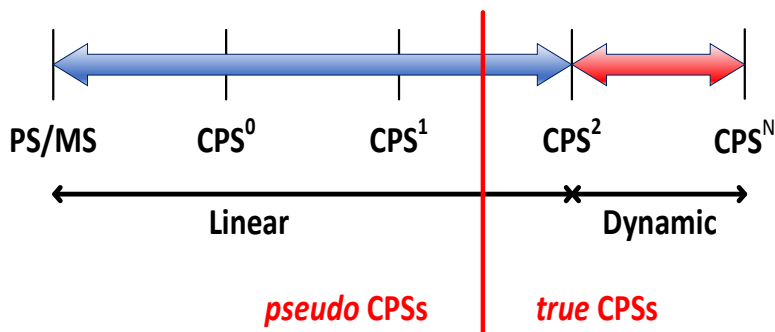


Figure 2. CPS definitions and models spectrum. After (Putnik G. D, et al, 2019)

Intelligent CPS, starting with the architectures with single-loop learning – CPS¹, are widely developed using the learning algorithms already indicated in (Plathottam S. J. et al, 2023) above, referred in the layers 'learning paradigms,

'learning models / techniques', and 'learning tasks' for a number of applications. Following the architecture schemes in Figure 3c, an application of CPS¹, for manufacturing control system, is presented in (Shah V. & Putnik G. D, 2019), which uses the inductive inference learning algorithm for synthesizing formal grammar as a model of the production line process control in the given context.

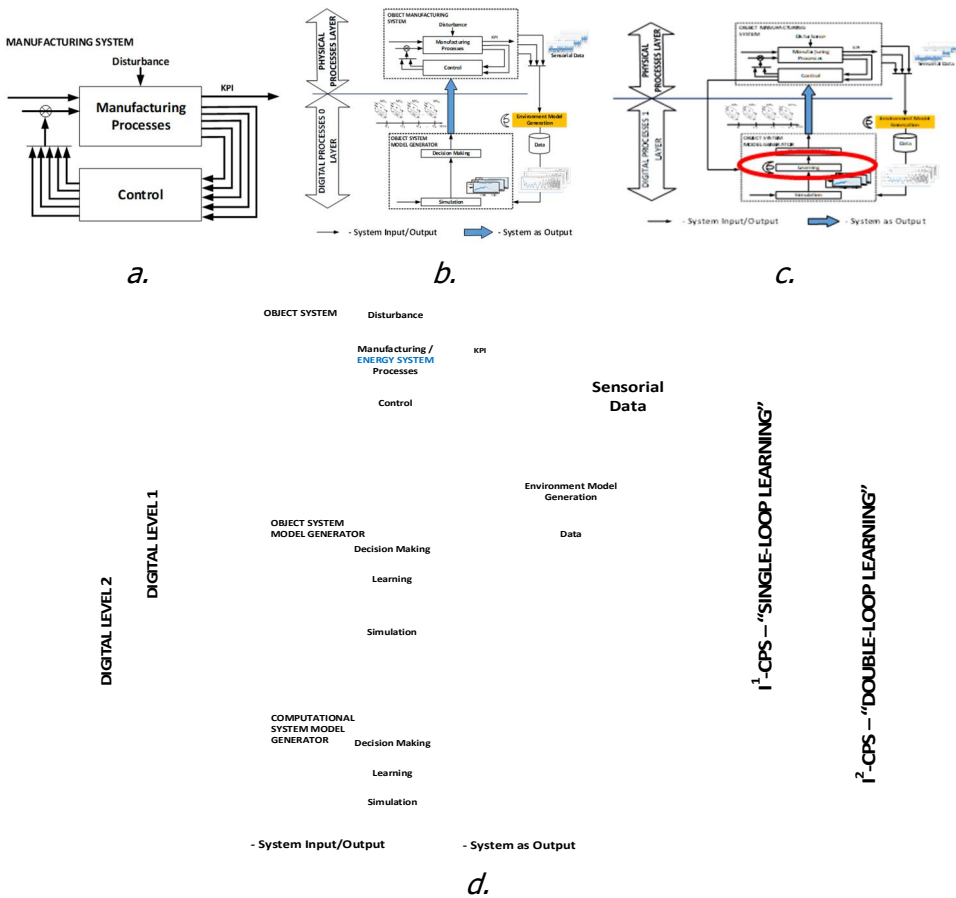


Figure 3. CPS logical architectures: a. Logical Architecture of the „classical“ Production or Manufacturing System control system, b. Logical Architecture to model a CPS⁰, c. Logical Architecture to model a CPS¹, d. Logical Architecture to model a CPS². After (Putnik G. D, et al, 2019)

Concerning the architectures of the type CPS², true CPS², i.e. the true canonical meta-learning algorithm, is difficult to implement. Canonical CPS² means that the learning algorithm in the second loop is capable of generating a

totally new learning algorithm not known until now. Until today there is no knowledge of such „canonical” models or implementations, neither in theory nor in applications. Instead, the first approximations are made through the selection of the best learning algorithm in the context.

Although this approach is in accordance with the definition of „meta-learning”, e.g. see (Grąbczewski, K., 2014) in which the meta-learning is defined as „any form of learning from information about learning processes and models can be referred to as meta-learning.”, we considered it as a *semi*-double loop learning, or *semi*-(canonical) meta learning.

An example of *semi*-double loop learning CPS architecture is presented in Figure 4 (Putnik G. D, et al, 2019), in which by the letters A, B, C, D, E are indicated the components of the CPS.

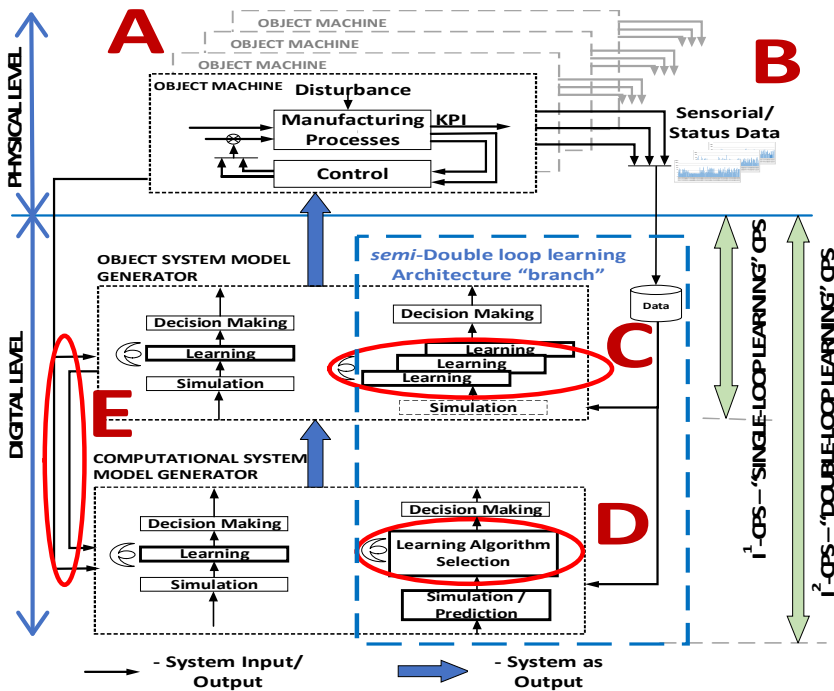


Figure 4. Double-loop learning intelligent CPS (CPS²) architecture, with semi-double-loop learning architecture „branch”. After (Putnik G. D, et al, 2019)

4. On efficiency of ai/ml in cyber-physical systems in manufacturing

Efficiency of AI/ML applications in manufacturing systems is demonstrated in a big number of papers.

Here, as an illustration of AI/ML applications efficiency, the case of application of the *semi*-double loop learning in real-life industry is presented, with extraordinary results.

The example is presented in detail in (Putnik, G. D, et al, 2021), while here are rewritten just the main results for the purpose of illustration. The application predicts the maintenance operation for the second group of machines presented in Figure 5.

There were selection among the 8 learning algorithms, in the second learning loop: Support Vector Machine (Cubic, Quadratic with higher box constraint level), Random forest (1k & 100k learners), Naïve Bayes, Ensembled Learning (Bagged Trees and Logit Boost) and Decision Trees, and 3 strategies *details are given in (Putnik G. D, et al, 2021))

In Table 1 the list of the learning algorithms with the best performance per machine, after selection, are presented. It could be recognized that different algorithms perform best, for different machines, and with different performance. For performance measures the F1 measure are used, which are the "standard" measures for evaluation of learning algorithms.

The results obviously justify the use of the (*semi*)-second-loop learning, or meta-learning, models.

5. Some future developments

The future development of AI/ML applications in manufacturing should be considered for two periods: the first period refers to the „near“ future, and the second period to the „far“ future (although some say that that „far“ is not so far...). A discussion on this issues are already presented in a great number of papers, e.g. see (Putnik G. D, et al, 2020) and (Putnik G. D, et al, 2021) which present a review.

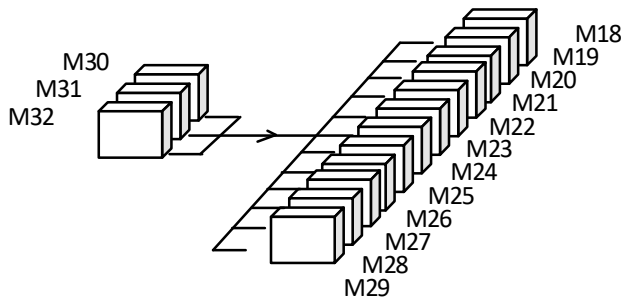


Figure 5. Schematic layout of the manufacturing plant

Table 1. Learning algorithms that output the best prediction of maintenance requirement, for each individual machine under Strategy 3, for either 3, 4 or 5 months training. After (Putnik G. D, et al, 2021)

Machine ID	Algorithm	max F1 score
18	SVM Cubic	0.8571
19	SVM Quadratic with higher box constraint level	0.8571
20	Ensembled Bagged Trees	0.8000
21	SVM Cubic	0.8000
22	SVM Cubic	1.0000
23	SVM Quadratic with higher box constraint level	0.7826
24	SVM Cubic	0.8000
25	Decision Tree	0.7273
26	SVM Quadratic with higher box constraint level	0.8000
27	SVM Cubic	0.8000
28	Ensembled Logit Boost	0.7619
29	SVM Quadratic with higher box constraint level	0.8000

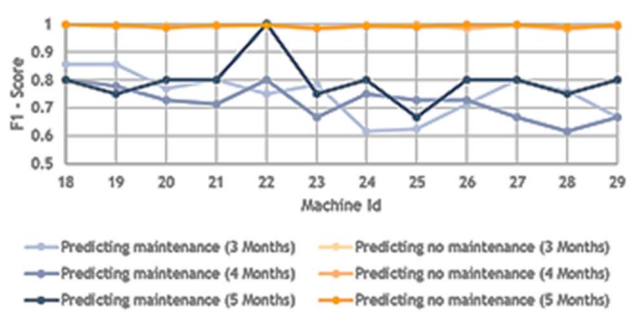


Figure 6. F1 score of predicting the maintenance when required, and of predicting no maintenance required, for each machine ID for the Strategy 3 and the algorithm in Table 3

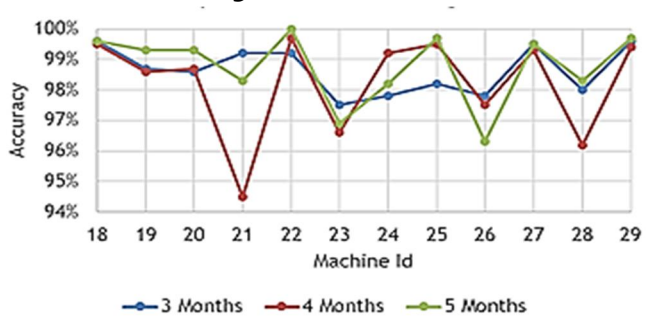


Figure 7. Overall accuracy of individual machine maintenance prediction for each machine ID for the Strategy 3 and the algorithms in Table 3

Concerning the „near“ future, virtually the two most important issues are 1) the issue of jobs – losing jobs or opening new jobs, and security – the protection of personal and industrial data. These issues imply the integration of social sciences in manufacturing, which would change the actual „engineering thinking“ which is the only thinking in actual engineering.

In the context of AI/ML technology itself within manufacturing, the „near“ future developments would have several „trajectories“. Some of them are related to further development of intelligent CPS, i.e. the future development beyond CPS² towards CPSⁿ, i.e. n -loop learning algorithms, which will mainly depend on success of development of canonical CPS² algorithms and architectures.

Further, facing the „big data“ generated by CPS, and the evaluation of multiple scenarios within the predictive approach (for which we actually expect the contribution of AI/ML), there is a question of the actual computing technology in manufacturing companies (which is basically „personal computing“/servers based, with some use of cloud technologies) have enough computational power to face the new demands in data processing. This question implies developments in the use of High Performance Computing (HPC) (popularly called „super-computers“, including quantum computers) as the standard future computational technology.

The last issue to refer to in this paper is the issue of large and complex open production networks, consisted of thousands, or hundreds of thousands and virtually millions of participants. These networks are considered impossible to design and/or control, due to their openness and complexity. However, in the last research presented in (Putnik G. D, et al, 2024), it is shown that in fact it is not a complete true. It is shown that these networks are possible to design and control, for which one of the possible instruments is the introduction of virtual agents.

Therefore, the issue of virtual intelligent agents is one of the challenges for the future development of AI/ML applications in manufacturing.

Concerning the „far“ future, the developments of AI/ML in manufacturing should be seen within the AGI and ASI (Artificial General Intelligence, and Artificial Super Intelligence) approaches. AGI refers to the intelligence equal to the human general intelligence, while ASI refers to the intelligence that overpasses many times, in principle up to „million“ times, the intelligence of one human or of the whole human race (see (Putnik, G. D, et al, 2020) and (Putnik, G. D, et al, 2021) for a discussion in the context of manufacturing). These concepts, AGI/ASI, are related to two phenomena: singularity and Fermi paradox. Singularity refers to the „point“ after which the development of AI/ML becomes totally autonomous, independent of human intervention, that in the limit leads

to „trans-humanism“ and „post-humanism“, and in the extreme to possible extinction of human race (therefore AGI/ASI represents a threat to human race – according to many authors). From the other side the Fermi paradox refers to human impossibility to recognize the singularity point, and therefore the human is incapable to intervene.

In this context, manufacturing has a number of directions in which the development is possible. Here, we will refer to two directions that seems to us as to the most indicative.

The first is the project of Artificial Brain. The idea behind is that if we manage to construct, and build, it, then the AGI will be achieved. The implementation of the idea passes through different phases, from implants to the brain, through uploading software in the brain, to the emulation of the whole brain in the software. There are a number of projects following these phases, so, the information is not too „new“. The question is what this project has to do with manufacturing. The answer is relatively simple. There are the first experiments (already a few years ago) for robot control by brain signals, see e.g. (Robohub, n.d.), Figure 8. (the project is financed by Boeing and the National Science Foundation). The future is of course, controlling the whole production system by an artificial brain.



Figure 8. The feedback system enables human operators to correct the robot's choice in real-time. After (Robohub, n.d.)

The second project to refer to is *Manufacturing Singularity*. The manufacturing singularity is defined in (Putnik G. D, et al, 2020). It is defined as the point beyond which the production, including the strategy, planning, execution, etc., will be decided autonomously by the production system without any intervention of humans. This concept is defined in the spirit of AGI/ASI in general, and the question is if it is possible at all without achieving the singularity in general. The authors of this paper think that it is impossible. However, although thought as impossible, the usefulness of the concept is that it could serve as a

reference value, to measure advances in autonomy, i.e. applications of AI/ML, in production systems.

6. Conclusions

The paper presents a brief overview of just some aspects of AI/ML applications in manufacturing. It is relatively easy to recognize that AI/ML applications are already „omnipresent“ in manufacturing. However, the large majority of papers refer, at the moment, the „single-loop“ learning models, which could be understood as just a first phase. In the second phase, it is obvious, that manufacturing, as other areas, has to face more advanced applications of AI/ML, especially towards AGI/ASI, independently of how realistic are AGI/ASI. Additional features of the future developments of AI/ML in manufacturing will surely imply social sciences, referring to the job issues, standards, security, ethics, and similar.

7. References

- [1] Gao R. X, Krüger, J, Merklein M, Möhring H. C. & Váncza J. Artificial Intelligence in manufacturing: State of the art, perspectives, and future directions. *CIRP Annals*, 2024.
- [2] Grąbczewski K. *Meta-learning in decision tree induction* (Vol. 1). Cham: Springer International Publishing, 2014.
- [3] Hassani I. E, Mazgualdi C. E. & Masrouf T. Artificial intelligence and machine learning to predict and improve efficiency in manufacturing industry. *arXiv preprint arXiv:1901.02256*, 2019.
- [4] Jan Z, Ahamed F, Mayer W, Patel N Grossmann, G, Stumptner M. & Kuusk A. Artificial intelligence for industry 4.0: Systematic review of applications, challenges, and opportunities. *Expert Systems with Applications*, 216, 119456, 2023.
- [5] Kinkel S, Baumgartner M. & Cherubini E. Prerequisites for the adoption of AI technologies in manufacturing—Evidence from a worldwide sample of manufacturing companies. *Technovation*, 110, 102375, 2022.
- [6] Lee, E. A. (2008). Cyber physical systems: Design challenges. In 2008 *11th IEEE international symposium on object and component-oriented real-time distributed computing* (ISORC) (pp. 363-369). IEEE.
- [7] Lee J, Davari H, Singh J & Pandhare, V. Industrial Artificial Intelligence for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing letters*, 18, 20-23, 2018.

- [8] Li B. H, Hou B. C, Yu W. T, Lu, X. B. & Yang C. W. Applications of artificial intelligence in intelligent manufacturing: a review. *Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering*, 18(1), 86-96, 2017.
- [9] Mypati O, Mukherjee A, Mishra D, Pal S. K, Chakrabarti P. P. & Pal A. A critical review on applications of artificial intelligence in manufacturing. *Artificial Intelligence Review*, 56(Suppl 1), 661-768, 2023.
- [10] Nti I. K, Adekoya A. F, Weyori B. A. & Nyarko-Boateng O. Applications of artificial intelligence in engineering and manufacturing: a systematic review. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 33(6), 1581-1601, 2022.
- [11] Plathottam S. J, Rzonca A, Lakhnori R. & Iloeje C. O. A review of artificial intelligence applications in manufacturing operations. *Journal of Advanced Manufacturing and Processing*, 5(3), e10159, 2023.
- [12] Putnik G. D, Ferreira L, Lopes N, Putnik Z. What is a Cyber-Physical System: Definitions and Models Spectrum, *FME Transactions* (2019) 47, 663-674, 2019.
- [13] Putnik G. D. Cyber-Physical Systems as a New Control Paradigm for Industry 4.0 and for Energy-Industry 4.0 Complex, Proceedings of the Scientific Conference on Energy Efficiency and the 4th Industrial Revolution. The Union of Engineers and Technicians of Serbia, Engineering Academy of Serbia. Belgrade, Serbia. pp 7-16 (in Serbian), 2021.
- [14] Putnik G. D, Manupati V. K, Pabba S. K, Varela L. & Ferreira F. Semi-Double-loop machine learning based CPS approach for predictive maintenance in manufacturing system based on machine status indications. *CIRP Annals*, 70(1), 365-368, 2021.
- [15] Putnik G. D, Pinheiro P, Varela L. & Alves C. Self-organization in open and very large and complex design and manufacturing networks through entropy and power law distribution. *CIRP Annals*, 2024.
- [16] Putnik G. D, Shah V, Putnik Z. & Ferreira L. Machine Learning in Cyber-Physical Systems and manufacturing singularity—it does not mean total automation, human is still in the centre: Part I—Manufacturing singularity and an intelligent machine architecture. *Journal of Machine Engineering*, 20, 2020.
- [17] Putnik G. D, Shah V, Putnik Z. & Ferreira L. Machine Learning in Cyber-Physical Systems and manufacturing singularity—it does not mean total automation, human is still in the centre: Part II—I n-CPS and a view from community on Industry 4.0 impact on society. *Journal of Machine Engineering*, 21, 133-153, 2021.

- [18] Rai R, Tiwari M. K, Ivanov D. & Dolgui A. Machine learning in manufacturing and industry 4.0 applications. *International Journal of Production Research*, 59(16), 4773-4778, 2021.
- [19] Robohub (n.d.) Mind control: Correcting robot mistakes using EEG brain signals. Retrieved November 2024 from <https://robohub.org/mind-control-correcting-robot-mistakes-using-eeeg-brain-signals/> .
- [20] Shah V. & Putnik G. D. Machine Learning Based Manufacturing Control System for Intelligent Cyber-Physical Systems. *FME Transactions*, 47(4), 2019.
- [21] Wuest T, Weimer D, Irgens C. & Thoben K. D. Machine learning in manufacturing: advantages, challenges, and applications. *Production & Manufacturing Research*, 4(1), 23-45, 2016.
- [22] Yao X, Zhou J, Zhang J, & Boër C. R. From intelligent manufacturing to smart manufacturing for industry 4.0 driven by next generation artificial intelligence and further on. In 2017 *5th international conference on enterprise systems (ES)* (pp. 311-318). IEEE, 2017.

**ОБРАЗОВАЊЕ У ОБЛАСТИ ПРИМЕЊЕНЕ ВЕШТАЧКЕ
ИНТЕЛИГЕНЦИЈЕ ЗАСНОВАНО НА КОМПЕТЕНЦИЈАМА
COMPETENCY-BASED EDUCATION IN APPLIED ARTIFICIAL
INTELLIGENCE**

МАРКО МИЛОЈКОВИЋ¹
ВЛАСТИМИР НИКОЛИЋ²
САША НИКОЛИЋ³
СТАНИША ПЕРИЋ⁴

Оригинални научни рад
DOI: 10.5937/VI24095M

Резиме: Вештачка интелигенција је тренутно најбрже растућа и најдинамичнија научна област, са бројним применама у стварном свету. Текуће друштвене и пословне промене, вођене потражњом за стручњацима за вештачку интелигенцију са специфичним компетенцијама и вештинама, захтевају трансформацију српског образовног система, како би се ускладио са овим захтевима. Овај рад представља наставни план и програм за примењену вештачку интелигенцију, заснован на компетенцијама, креиран на основу темељног истраживања постојећих ресурса, као и анкета спроведених са кључним циљним групама, укључујући наставнике, студенте ИТ-а и послодавце. Специфични критеријуми за курс су дефинисани у тензорском формату, који укршта компетенције са садржајем курса и образовним модулима.

Кључне речи: примењена вештачка интелигенција, инжењерско образовање, образовање засновано на компетенцијама

Abstract: Artificial Intelligence is currently the fastest-growing and most dynamic scientific field, with numerous real-world applications. The ongoing societal and bu-

¹ Марко Милојковић, Универзитет у Нишу, Електронски факултет, Александра Медведева 12, Ниш, marko.milojkovic@elfak.ni.ac.rs, ORCID 0000-0001-7623-1495

² Властимир Николић, Универзитет у Нишу, Машински факултет, Александра Медведева 14, Ниш, vnikolic@masfak.ni.ac.rs, ORCID 0009-0004-5752-5083

³ Саша Николић, Универзитет у Нишу, Електронски факултет, Александра Медведева 12, Ниш, sasa.s.nikolic@elfak.ni.ac.rs, ORCID 0000-0003-2745-3862

⁴ Станиша Перић, Универзитет у Нишу, Електронски факултет, Александра Медведева 12, Ниш, stanisa.peric@elfak.ni.ac.rs, ORCID 0000-0003-4766-195X

business shift, driven by the demand for AI specialists with specific competencies and skills, necessitates a transformation of the Serbian educational system to align with these requirements. This paper presents the competency-based curriculum in Applied Artificial Intelligence (AAI), created based on thorough research of existing resources and surveys conducted with key target groups, including educators, IT students, and employers. Specific criteria for the training course were defined in a tensor-based format, mapping competencies to course content and educational modules.

Key Words: Applied Artificial Intelligence (AAI), Engineering Education, Competency-Based Education

1. Увод

Најбољи начин да се објасни значај образовања у области вештачке интелигенције данас је цитирање Европске комисије: „Као што су то у прошлости учиниле парна машина или електрична енергија, данас вештачка интелигенција трансформише наш свет, наше друштво и нашу индустрију. Раст рачунарске снаге, доступност података и напредак у алгоритмима претворили су вештачку интелигенцију у једну од најважнијих стратешких технологија 21. века. Улози не могу бити већи. Начин на који приступамо вештачкој интелигенцији дефинисаће свет у коме живимо“ [1]. Европска комисија даље дефинише три главна циља у будућем развоју АИ [2]:

- Повећање технолошких и индустријских капацитета и помагање широког усвајања АИ од стране пословног сектора;
- Припрема за друштвено-економске промене које доноси АИ;
- Стварање одговарајућег етичког и правног оквира за развој АИ

Сва три циља веома зависе од трансформације образовања и његове способности да подржи тренутне и будуће захтеве тржишта за стручњацима за вештачку интелигенцију. То подразумева транзицију образовног система ка припреми радне снаге за текућу и предстојећу трансформацију друштва под утицајем АИ, као и развој специфичних вештина и компетенција потребних за рад са ИТ (образовање засновано на компетенцијама) [3]. Овакав вид образовања може се остварити само кроз партнерство са приватним сектором у циљу потпуног укључивања приватног сектора у диктирање приоритета истраживања и иновација високошколским установама, као и обезбеђивање њиховог суфинансирања.

Значај трансформације образовног система ка вештачкој интелигенцији препознала је и Република Србија у Стратегији националног развоја образовања до 2030. године и Стратегији развоја вештачке интелигенције

у Републици Србији за период 2020-2025. [4], у којима се истиче потреба за усклађивање образовних политика, узимајући у обзир развој науке, технике и технологије у савременом друштву, као и усклађивање националне регулативе у образовању са одговарајућим међународним документима и иницијативама.

2. Образовање засновано на компетенцијама

Уколико анализирамо искуство АИ наставе и учења током последњих година [5], [6], можемо приметити изостанак примене иновативних приступа, као што је, овде описани, приступ образовању заснован на компетенцијама [7]. Образовање засновано на компетенцијама је образовни приступ у коме је циљ да студенти стекну и демонстрирају специфичне вештине, знања и способности (све заједно - компетенције) уместо да само стичу знања, проводећи одређено време на курсу у учионици. Нагласак је на томе шта студенти заправо могу да ураде и покажу, а не колико су времена провели учећи. Учење је организовано око специфичних компетенција, које су често осмишљене тако да задовоље тржишне стандарде и одражавају стварне захтеве посла – изазове реалног света. Ученицима би требало омогућити да савладавају градиво сопственим темпом и у складу са њиховим индивидуалним потребама и интересовањима. Уместо традиционалних стандардизованих тестова и оцена, оцењивање треба да измери способност ученика да примене оно што су научили путем пројеката, симулација и практичних демонстрација.

Управо је креирање оваквог курса, заснованог на компетенцијама, првог такве врсте у области примењене вештачке интелигенције, било један од главних циљева у оквиру Еразмус+ пројекта 2022-1-PL01-KA220-NED-000088359 под називом „Будућност је у примењеној вештачкој интелигенцији“ - „The Future is in Applied Artificial Intelligence“ (FAAI) [8]. Пројекат је реализовао конзорцијум универзитета: Универзитет у Биелско-Бјали (Пољска), Универзитет за библиотечке студије и информационе технологије у Софији (Бугарска), Универзитет Св. Ђирила и Методија у Трнави (Словачка), Универзитет у Нишу (Србија) и Универзитет Црне Горе у Подгорици (Црна Гора), уз суфинансирање Европске уније. Развој курса је заснован на опсежном истраживању постојећих ресурса у области вештачке интелигенције, као и анкетама спроведеним међу циљним групама, укључујући наставнике, студенте ИТ-а, запослене у ИТ и послодавце. Овакав приступ је имао за циљ побољшање ефикасности имплементације АИ образовања кроз подстицај сарадње између универзитета и предузећа како би се развила иновативна решења за обуку одговарајућих стручњака за вештачку интелигенцију. На основу свеобухватне студије анкета, обра-

зовног искуства, научних пројеката и пословних захтева, као и мета-анализе скорашњих референци, прецизирани су критеријуми за курс обуке у виду тензорске репрезентације компетенција у односу на садржајне и образовне модуле. У овом раду је, између осталог, описан део резултата представљен у опсежној анализи у раду [9].

3. Методологија креирања курса

Примењена је следећа методологија креирања курса из области примењене вештачке интелигенције. Најпре су дефинисани свеобухватни циљеви тренинг курса, као и жељени резултати, компетенције и области знања које треба покрити. Затим су спроводене анкете и процене, како би се прикупили податке о потребама и преференцијама циљне групе. Анкете су спроведене онлајн у периоду од 1. до 28. фебруара 2023. Садржале су укупно 8 онлајн упитника, при чему је нагласак био на прецизирању потребних компетенција из области вештачке интелигенције, које би ИТ дипломци требало да поседују. Спроведене су следеће анкете (бројеви у загради представљају укупан број попуњених анкета у тој категорији): • Истраживање 1: Постојећи курсеви обуке у области примењене вештачке интелигенције (92) • Истраживање 2: Истраживање тржишта рада у области примењене АИ (74) • Истраживање 3: Преглед научних пројеката у примењеној вештачкој интелигенцији (63) • Истраживање 4: Анкета за академске раднике (предаваче) (80) • Истраживање 5: Упитник за ИТ студенте, мастер студенте и алумнисте из ИТ сектора (1043) • Истраживање 6: Упитник за послодавце: Одређивање компетенција које би дипломирани ИТ стручњаци требали да поседују (38) • Истраживање 7: Прикупљање спецификација добрих пракси у АИ (25) • Истраживање 8: Прикупљање студија случајева примењене вештачке интелигенције (279). Циљ анкета је био да се утврде стандарди или мерила за компетенције које студенти треба да стекну по завршетку обуке. На основу добијених резултата анкета и стандарда везаних за компетенције, одређују се специфичне теме које треба покрити у курсу обуке примењене АИ. Притом се узимају у обзир релевантност, важност и приоритет сваке теме.

Следећи корак је обрада и анализа упитника и истраживачких података у циљу извлачења смислених увида, идентификације образаца, трендова и корелације између одговора на анкете и података добијених из других извора. У овом случају је искоришћена АНП (Analytic Hierarchy Process) метода која се често користи за решавање проблема доношења одлука, који укључују више критеријума и алтернатива. Посебно је ефикасна код сложених одлука, за које треба узети у обзир субјективне оцене и компромисе између хијерархијски структурираних критеријума. АХП метода је

примењена у контексту креирања образовног курса примењене АИ за одређивање приоритета и доношење одлука у вези са различитим аспектима предмета, тачније циљевима учења, садржајем предмета, методама оцењивања, наставним стратегијама, алокацијом ресурса, евалуацијом и добијањем повратних информација.

На основу идентификованих тема, компетенција и резултата упитника, одређени су појединачни образовни модули који одражавају аспекте тренинг курса, при чему сваки модул мора да има јасно одређене исходе учења и садржај који се поклапа са жељеним исходима. Формирају се укрштене матрице које дају зависности између тема, компетенција и образовних модула, које помажу у визуелизацији утицаја модула на развој одређених компетенција и како су различите теме повезане међусобно и са модулима. Комбиновањем образовних модула са укрштеним матрицама добија се 3Д тензорска репрезентација која обухвата све релације између тема, компетенција и образовних модула на један структурисан и организован начин.

4. Резултати упитника

У овом поглављу ће бити представљен само мали део резултата упитника и то већином они везани за Србију. Остали резултати се могу наћи у [8], [9] и [10].

Постојећи курсеви обуке из области примењене вештачке интелигенције

У Србији је већина тренутно доступних курсева примењене вештачке интелигенције у оквиру програма мастер академских студија (МАС) (више од 70%) и садрже напредне теме вештачке интелигенције које обично захтевају одређено предзнање. Да бисте се уписали на ове курсеве, обично је потребно основно разумевање програмирања у Python/R, статистике, математичког моделирања, рударења података или алгоритама. По завршетку курсева, испитаници су изјавили да су развили компетенције као што су: одабир одговарајућих метода машинског учења за специфичне проблеме (75%), коришћење одговарајуће обуке и методологије тестирања за подешавање алгоритама машинског учења (62.5%), идентификација одговарајућих метрика за процену перформанси одговарајућег алгорита машинског учења за дати проблем (62.5%), препознавање ширине и корисности метода машинског учења (50%), објашњење техника за ублажавање ефеката прекомерног прилагођавања и проблем (проклетство) повећања димензија у контексту алгоритама машинског учења (43.75%), и поређење и супротстављање различитих метода машинског учења (37.5%). У много мањем проценту, ученици могу стећи компетенције везане за етику АИ, као што су: бити свестан широког спектра етичких проблема у вези са АИ

системима, као и механизма за њихово ублажавање (17.5%) или расправљање о могућим ефектима (како позитивним тако и негативним) одлука које произилазе из закључака машинског учења (25%).

Истраживање тржишта рада у области примењене АИ

Студија спроведена на тржишту рада (огласи за посао) везана за примењену вештачку интелигенцију у Србији открила је да су најтраженије позиције у српским ИТ компанијама у консалтингу (24.5%), производњи/-развоју (20%), корисничком сервису (15,5%), финансијама (11.25%), дизајну (8.75%) и истраживањима (8%). Послодавци углавном захтевају диплому основних студија (41.45%), мастер студија (30.85%) или не траже формални доказ нивоа образовања, већ само вештине (18%). Упражњена места су углавном позиције са пуним радним временом намењене научницима података (26%), инжењерима података (21%), АИ инжењерима (16%) и аналитичарима података (11%). Познавање програмских језика је кључни фактор за примењену вештачку интелигенцију, а Python (78.3%) је језик који је потребан већини компанија. Остали језици који су неопходни за добијање позиција у овој области су C++ (21.67%), C# (18.33%), R (35%) и Јава (15%). Ово истраживање је такође открило популарне екосистеме и библиотеке које се користе за развој АИ модела. Apache Hadoop је преферирани екосистем за развој АИ модела са 40% испитаника. Anaconda и Kaggle су били други и трећи најпопуларнији екосистеми, са по 13.7%. Следећи је R Studio са 6.7% испитаника. Са друге стране, показало се да су најтраженије АИ библиотеке Scikit-learn (70%), TensorFlow (27%), и Keras (20%). Упитник који је спроведен у оквиру студије показао је да су најважније компетенције потребне за горе поменуте позиције способност одабира одговарајућих метода машинског учења за специфичне проблеме (67%), представљање информација коришћењем пробабилистичког формализма и примена релевантних метода закључивања (60%), препознавање ширине и корисности метода машинског учења (53%) и способност упоређивања и контрастирања методе машинског учења (40%). Насупрот томе, најмање битне компетенције укључују идентификацију одговарајуће метрике перформанси за процену алгоритама/алата машинског учења за дати проблем (27%), препознавање проблема у вези са алгоритамском и пристрасношћу података, као и приватност и интегритет података (24%), и свест о широком спектру етичких разматрања у вези са системима вештачке интелигенције и механизмима за њихово ублажавање (13%).

Упитник је испитивао и значај меких вештина у области вештачке интелигенције за послодавце и идентификоване су следеће меке вештине као најважније:

- Фокус на корисника – активно идентификовање захтева тржишта и задовољавање потреба клијената
- Основе пословања - поседовање основног знања о организацији пословања
- Планирање и организовање – одређивање приоритета у раду и брзо извршавање додељених задатака
- Комуникација – разумевање и ефикасно преношење идеја
- Креативност – креативност у раду уз фокусирање на коначни резултат и интелигентно ризиковање
- Критичко мишљење – решавање проблема и доношење ефикасних одлука.
- Рад са алатима и технологијом – одабир, коришћење и одржавање алата и технологије за извршавање радних активности
- Сарадња – ефикасна сарадња са другима и ублажавање мултикултуралних разлика

Упитник за студенте информационих технологија, мастере и алумнисте информационих система и технологија

Једна од спроведених анкета је везана за интересовање студената за примењену АИ. Више од хиљаду студената којих су учествовали укупно (око 250 у Србији) указује на јасну потребу за примењеним АИ садржајима и курсевима обуке међу циљном популацијом. Већина испитаника били су млади људи између 21 и 24 године, или још на факултету (67%) или тек запослени. Само 26% учесника је одговорило да је похађало наставу засновану на примењеној вештачкој интелигенцији. Велика већина запослених испитаника (78%) навела је да су питања примењене вештачке интелигенције важна или донекле важна за њихов посао и да би курсеви о примењеној вештачкој интелигенцији били драгоцени за њихов будући развој каријере. Ово наглашава потребу за структурираним примењеним програмима обуке АИ. На данашњем тржишту рада, развој дигиталних и меких вештина постаје све важнији, а млади људи и њихови послодавци то препознају.

Сваки креирани примењени АИ програм обуке такође треба да нагласи развој меких вештина, посебно оних које се односе на тимски рад, комуникацију и управљање временом. Најважније меке вештине које је више од половине учесника препознало као неопходне су: способност комуникације на другом (страном) језику, способност рада у тиму, способност идентификовања, предлагања и решавања проблема, способност учења нових садржаја и континуитет у учењу, способност примене знања у практичним ситуацијама, способност креирања и управљања пројектима, док је мањина

(до 20% испитаника) истакла вештине као што су очување живо-тне средине, способност да се покаже свест о једнаким могућностима и родним питањима, способност преузимања иницијативе и неговања духа предузетништва и интелектуалне радозналости, способност деловања са друштвеном одговорношћу и грађанском свешћу, способност предузимања истраживања на задовољавајућем нивоу и способност деловања на основу етичког расуђивања.

5. Резултати анализе

На основу резултата претходно описаних упитника, настала је листа компетенција К које би требало покрити у оквиру предложеног курса о примењеној АИ (табела 1). Такође су одређени вектори Т (табела 2) и М (табела 3) који садрже теме и модуле, респективно, које покрива креирани курс [9].

Табела 1. Компетенције из области вештачке интелигенције и машинског учења које треба покрити у оквиру предложеног курса о примењеној АИ

ознака	компетенција
K ₁	Описати главне области АИ, као и контексте у којима се АИ методе могу применити.
K ₂	Представити информације коришћењем логичког формализма и применити релевантне методе закључивања.
K ₃	Представити информације коришћењем пробабилистичког формализма и применити релевантне методе закључивања.
K ₄	Бити свестан широког спектра етичких проблема везаних за системе вештачке интелигенције, као и механизма за њихово ублажавање.
K ₅	Препознати ширину и корисност метода машинског учења.
K ₆	Упоредити и суочити различите методе машинског учења.
K ₇	Изабрати одговарајуће (класе) методе машинског учења за одређене проблеме.
K ₈	Искористити одговарајућу обуку и методологију тестирања приликом подешавања алгоритама машинског учења.
K ₉	Објаснити методе за ублажавање ефеката прекомерног прилагођавања и проблем (проклетство) повећања димензија у контексту алгоритама машинског учења.
K ₁₀	Идентификовати најбољу метрику за процену перформанси одговарајућег алгорита машинског учења за дати проблем.
K ₁₁	Препознати проблеме везане за алгоритамску и пристрасност података, као и приватност и интегритет података.
K ₁₂	Размотрити могуће ефекте – како позитивне тако и негативне – одлука које произилазе из закључака машинског учења.

Табела 2. Теме из области вештачке интелигенције и машинског учења које треба покрити у оквиру предложеног курса о примењеној АИ

ознака	тема
T1	Вештачка интелигенција – историја развоја и логички засновани модели.
T2	Представљање знања и резоновање (засновано на вероватноћи).
T3	АИ-планирање и стратегије претраживања.
T4	Фази логика, фази системи управљања.
T5	Експертски системи засновани на правилима.
T6	Машинско учење I (преглед и надгледано учење).
T7	Машинско учење II (ненадгледано учење).
T8	Дубоке неуронске мреже - основе.
T9	Дубоке неуронске мреже – напредне теме.
T10	Дубоко учење са подстицајима.
T11	Обрада природних језика.
T12	Роботика.

Табела 3. Модули у оквиру предложеног курса о примењеној АИ

ознака	модул
M ₁	Основни принципи примене АИ у науци и у модерном пословању.
M ₂	Уградиви модули од стране IBM-а, Microsoft-а, Google-а, AWS-а итд.
M ₃	Спровођење истраживања везаних за практичну примену вештачке интелигенције.
M ₄	Израда софтверских апликација помоћу вештачке интелигенције.
M ₅	Имплементација спољних АИ модула у софтверским апликацијама.
M ₆	Решења еколошких проблема заснована на вештачкој интелигенцији.
M ₇	Решења пољопривредних проблема заснована на вештачкој интелигенцији.
M ₈	Решења проблема здравствене заштите заснована на вештачкој интелигенцији.
M ₉	Решења проблема паметних градова заснована на вештачкој интелигенцији.
M ₁₀	Решења индустријских проблема заснована на вештачкој интелигенцији.
M ₁₁	Решења проблема у роботизи заснована на вештачкој интелигенцији.
M ₁₂	Примена других АИ модула.

Можемо дефинисати и матрице корелације дате у табелама 4 и 5. Множењем одговарајућих позиција добијамо жељени тензор, чијом декомпозицијом можемо генерисати жељени модул. Сваки тензор се састоји од три односа тј. релације типа „компетенција-тема-модул“. Сваки тензор је, дакле, особина састављена од пондерисане суме тензора првог ранга добијених множењем вектора са три фактора. Такав приступ нам омогућава да

добијемо низ матрица за односе „модул-тема“ према различитим компетенцијама. Таквих матрица има 12, а у табели 6 је дат пример (нпр. Одабрана је компетенција 4). Ове табеле садрже вредност „1“ када ће изучавање дате компетенције бити могуће реализацијом и изабраног модула и изабране теме и „0“ када реализација дате теме није погодна за реализацију одређеног изабраног модула.

Табела 4. Укрштена матрица за релацију „компетенција-тема“ коју треба применити при имплементацији курса о примењеној АИ

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉	T ₁₀	T ₁₁	T ₁₂
K ₁	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K ₂	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
K ₃	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
K ₄	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
K ₅	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
K ₆	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
K ₇	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1
K ₈	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
K ₉	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0
K ₁₀	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
K ₁₁	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1
K ₁₂	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1

Табела 5. Укрштена матрица за релацију „компетенција-модул“ коју треба применити при имплементацији курса о примењеној АИ

	M ₁	M ₂	M ₃	M ₄	M ₅	M ₆	M ₇	M ₈	M ₉	M ₁₀	M ₁₁	M ₁₂
K ₁	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
K ₂	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
K ₃	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
K ₄	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1
K ₅	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
K ₆	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1
K ₇	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0
K ₈	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0
K ₉	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0
K ₁₀	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0
K ₁₁	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
K ₁₂	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0

Табела 6. Укрштена матрица за релацију „тема-модул“ за компетенцију К₄

	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	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
T ₃	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
T ₄	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
T ₅	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T ₆	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
T ₇	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
T ₈	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T ₉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T ₁₀	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T ₁₁	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
T ₁₂	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

6. Пример креирања курса из примењене вештачке интелигенције

Размотримо пример креирања новог модула „Решења проблема здравствене заштите заснована на вештачкој интелигенцији“ на основу дефинисаног тензорског модела, користећи табеле 1, 2 и 3 [9]. Из табела видимо да је потребно покрити следеће компетенције:

- К₄ - Бити свестан широког спектра етичких проблема везаних за системе вештачке интелигенције, као и механизма за њихово ублажавање.
- К₅ - Препознати ширину и корисност метода машинског учења.
- К₁₁ - Препознати проблеме везане за алгоритамску и пристрасност података, као и приватност и интегритет података.

Такође, из табела видимо да је потребно интегрисати следеће теме:

- Т₆ - Машинско учење I (преглед и надгледано учење).
- Т₇ - Машинско учење II (ненадгледано учење).
- Т₁₁ - Обрада природних језика.
- Т₁₂ – Роботика (за примене у медицинским роботима).

На основу претходног, можемо дефинисати садржај модула и неопходне активности:

- Увод у примену вештачке интелигенције у здравству: Истражити улогу вештачке интелигенције у здравству, са нагласком на њен потенцијал да револуционизује негу пацијената, дијагнозу и лечење.
- Надгледано учење у анализи медицинских података: Разумевање како се алгоритми надгледаног учења, као што су логистичка регресија и

стабла одлучивања, могу искористити за анализу медицинских скупова података за предиктивно моделирање и дијагнозу.

- Ненадгледано учење за стицање увида у проблеме здравствене заштите: Детаљно проучити технике ненадгледаног учења као што су груписање у кластере и смањење димензионалности да би се открили обрасци и релације у здравственим подацима.
- Обрада природних језика примељена у клиничким текстовима: Научити како НЛП алгоритми обрађују клиничке белешке, електронске здравствене картоне и медицинску литературу да би извели важне закључке и помогли при доношењу одлука.
- Примене роботике у здравству: Истражити употребу роботике у хируршким процедурама, рехабилитационој терапији и нези пацијената, са нагласком на иновације у медицинској роботички под утицајем вештачке интелигенције.

У склопу модула потребно је изучити практичне пројекте и студије случаја:

- Систем за подршку при доношењу дијагностичких одлука: Направити модел машинског учења који помаже лекарима у дијагностиковању здравствених стања на основу симптома пацијената и дијагностичких тестова.
- Груписање здравствених података: Применити технике ненадгледаног учења у циљу груписања сличних профила пацијената и идентификовати кластере пацијената за персонализоване стратегије лечења.
- Анализа клиничког текста: Развити НЛП процедуру (pipeline) за издвајање кључних информација из клиничких текстова, као што су историје болести пацијената, планови лечења и нежељени догађаји.
- Симулација роботске хирургије: Симулирати роботску хируршку процедуру користећи АИ алгоритме за прецизну контролу инструмента и повратне информације у реалном времену.

Креирањем модула у складу са наведеним компетенцијама, темама и циљевима учења, наставници могу да обезбеде да ученици стекну неопходна знања и вештине потребне да савладају примену АИ у контексту здравствене заштите.

7. Закључак

Важност вештачке интелигенције и њене примене у данашњем свету не може се довољно нагласити. Не постоји област технике или стварног живота на који вештачка интелигенција не утиче на неки начин. Свака земља која тежи да буде укључена у модерне токове данас мора да посвети

посебну пажњу трансформацији свог образовног система у правцу изградње друштва које има свест и вештине из области АИ заснованог на адекватним дигиталним компетенцијама. Еразмус+ пројекат „Будућност је у примењеној вештачкој интелигенцији“ имао је као главни циљ да идентификује тренутно стање развоја као и потребе и очекивања пословних организација како би се предложио правац трансформације образовних система земаља учесница пројекта према области примењене вештачке интелигенције.

Први корак у овом пројекту је био да се направи пресек тренутне ситуације у Србији у погледу АИ образовања у Србији, универзитетских курсева који се тренутно нуде за студенте, знања и односа студената и наставника према АИ садржајима, као и потреба послодаваца у погледу адекватних компетенција. Овај циљ је постигнут низом спроведених студија (онлајн упитника), чији су резултати делимично представљени у овом раду, и који су послужили као основа за креирање специфичног курса примењене вештачке интелигенције засноване на компетенцијама. Овакав приступ би требало да помогне успешној имплементацији АИ модела у стварном свету тако што пружа ученицима практична знања, искуство и способност да се крећу кроз сложене изазове, омогућавајући на тај начин ефикасан развој АИ модела, примену и прилагођавање на сценарије из стварног света.

8. Захвалница

The production of this paper has been possible thanks to the support of the ERASMUS+ project: The Future is in Applied Artificial Intelligence (2022-1-PL01-KA220-HED-000088359) which was funded by the European Union.

9. Литература

- [1] European Commission – Internal Communication, Artificial Intelligence for Europe. Available online: <https://eurlex.europa.eu/legal-content/-EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0237&from=EN>, 2018.
- [2] European Commission, *On Artificial Intelligence - A European approach to excellence and trust*. Available online: https://commission.europa.eu/system/files/2020-02/commission-white-paper-artificial-intelligence-feb2020_en.pdf, 2020.
- [3] European Commission – Internal Communication, *Digital Education Action Plan (2021-2027) - Resetting education and training for the digital age*. Available online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/-?uri=CELEX:52020DC0624&from=EN>, 2020.
- [4] Стратегија развоја вештачке интелигенције у Републици Србији за период 2020–2025. година, *Службени гласник РС*, број 96 од 31. деце-

- m6pa Available online: https://www.media.srbija.gov.rs-/medsrp/-dokumenti/strategy_artificial_intelligence.pdf, 2019.
- [5] Ng D. T. K, Lee M, Tan R. J. Y, Hu X, Downie J. S, Chu S. K. W, A Review of AI Teaching and Learning From 2000 to 2020, *Educ. Inf. Technol*, 28, 8445–8501, 2022.
- [6] Allen B, McGough A. S, Devlin M, Toward a Framework for Teaching Artificial Intelligence to a Higher Education Audience, *ACM Trans. Comput. Educ*, 2021, 22, 1–29.
- [7] Ano J. L. M. Z, Solano G. A, Hernan J. A. P, Francisco R. G, WARP: A Workflow-Aware Instructional Platform for Competency-Based Learning, In Proceedings of the 2019 *10th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications (IISA)*, Patras, Greece, pp. 1–4, 15–17 July 2019.
- [8] FAAI Job Hub-*The Future is in Applied Artificial Intelligence 2022-1-PL01-KA220-HED-000088359*. Available online: <https://faai.ubb.edu.pl/>
- [9] Martsenyuk V, Dimitrov G, Rancic D, Luptakova I. D, Jovancevic I, Bernas M, Klos-Witkowska A, Gancarczyk T, Kostadinova I, Mihaylova E, Stojanovic D, Milojkovic M, Pospichal J, Plamenac A, Designing a Competency-Based Course on Applied AI Based on Advanced System Research of Business Requirements, *Applied Sciences*, 14(10):4107. <https://doi.org/10.3390/app14104107>, 2024.
- [10] Đorđević A, Milojković M, Spasić M, Rančić D, Nikolić S. S, Milovanović M, Analysis of the Current Situation in Serbia Related to the Education in the Field of Applied Artificial Intelligence, *XI International Conference, Heavy Machinery-HM 2023*, Vrnjačka Banja, 21– 24 June 2023.

КОЛИКО СМО СПРЕМНИ ЗА ПРИМЕНУ ВЕШТАЧКЕ ИНТЕЛИГЕНЦИЈЕ?

HOW READY ARE WE TO APPLY ARTIFICIAL INTELLIGENCE?

СТЕВАН СТАНКОВСКИ¹
ГОРДАНА ОСТОЈИЋ²

Оригинални научни рад
DOI: 10.5937/VI24109S

Резиме: Вештачка интелигенција (ВИ) доживљава судбину сличних технолошких иновација које су у одређеном временском периоду убрзано мењале услове у којима човек ствара и живи. ВИ је значајно еволуирала од теоријског концепта до свакодневне употребе, прожимајући различите аспекте људског рада и животних навика. Почевши од виртуелних асистената који помажу код пројектовања, анализе података о здрављу пацијента, до аутономних аутомобила који се сами возе, апликације ВИ постају све софистицираније и уобичајене у свакодневном животи. И поред тога, остаје питање: Колико смо спремни за примену ВИ и да у потпуности искористимо потенцијал који поседује ВИ?

Кључне речи: интелигенција, алати ВИ, предикција, доношење одлука, аутономни системи

Abstract: Artificial Intelligence (AI) is experiencing the fate of similar technological innovations that have rapidly changed the conditions under which humans create and live in a given period of time. AI has evolved significantly from a theoretical concept to everyday use, permeating various aspects of port work and lifestyles. From virtual assistants that help design machines and analyze patient health data to autonomous cars that drive themselves, AI applications are becoming more sophisticated and commonplace in everyday life. However, the question remains: How ready are we to apply AI and realize its full potential?

Key Words: Intelligence, AI tools, prediction, decision-making, autonomous systems

¹ Стеван Станковски, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад, Трг Доситеја Обрадовића 6, stevan@uns.ac.rs, ORCID 0000-0002-4311-1507

² Гордана Остојић, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад, Трг Доситеја Обрадовића 6, gosa@uns.ac.rs, ORCID 0000-0002-5558-677X

1. Увод

Иако се одговор на питање које је у наслову овог рада, „Колико смо спремни за примену вештачке интелигенције?“ чини једноставним, треба ипак имати на уму, да се кроз ово питање, заправо траже одговори и на следећа питања:

- Да ли смо спремни за свакодневну употребу вештачке интелигенције (ВИ) у производима као крајњи корисници?
- Да ли смо спремни за свакодневну употребу алата ВИ при решавању својих задатака?
- Да ли смо спремни за свакодневни развој алата ВИ за решавање задатака у одређеној области?
- Да ли смо спремни за свакодневну употребу закона који регулишу коришћење ВИ?
- Да ли смо спремни за свакодневни губитак послова због коришћења ВИ?
- Да ли смо спремни за свакодневну оријентацију на нове послове због коришћења ВИ?

Увођење термина ВИ интелигенција се везује за објашњавање могућности рачунара да преузму доношење одлука на сличан/истоветан начин као што то раде и људи. Ипак, човекова тежња да „аутоматизује“ своје одлуке, и да буде сигуран у своје одлуке, је временски пуно удаљена од прављења првих рачунара. Још је Аристотел у својој књизи *Логика*, пре више од 2300 година, описао принципе и правила исправног размишљања, анализирајући различите начине закључивања и аргументације (Кант, 2012). Један од најважнијих делова Аристотеловог дела је теорија Силогизма, која објашњава како се из две премисе може извести логички исправан закључак. Ова теорија је основа дедуктивног расуђивања, и била је један од темеља на којој се развио први значајни комерцијални успех који је постигла ВИ, а то су експертни системи. Осим комерцијалног успеха, основни принцип који је био примењен код експертних система, да овакав систем мора да објасни како је донет закључак или донета нека одлука, има уграђен механизам који образлаже како је изведен закључак, односно донета одлука (Winston et.al, 1984, Russel et al, 2010, Cao 2022, Stankovski et. al, 2023). Корисник (човек, или машина) је тај који ће без испитивања/разматрања прихватити закључак/одлуку.

За боље разумевање шта може да се очекује од ВИ, прво је потребно добро разумети шта се подразумева под природном интелигенцијом и како функционише природна интелигенција. Након разумевања принципа функционисања природне интелигенције, остаје „лакши“ део посла, а то је

да се применом рачунара читав процес аутоматизује. Овакав след развоја је логичан, и он уједно открива и да у коришћењу ВИ и природне интелигенције, неће бити велике разлике. Корисник је тај који је одговоран за употребу интелигенције (ВИ/природне).

2. Интелигенција

Када се говори о природној интелигенцији, под овим појмом се најчешће подразумева: надареност, оштроумље, природна способност правилног расуђивања, способност сналажења у новонасталим ситуацијама на основу претходно стеченог искуства, Осим овог објашњења, постоје и аутори који интелигенцију повезују са стварањем успеха, попут Хауарда Гарднера, који природну интелигенцију дефинише као: „Способност за решавање проблема и стварање производа који се цене у једном или више културних оквира“.

На основу ових објашњења тешко је одговорити на питање: Да ли интелигенција представља једну засебну способност или је она скуп различитих и неповезаних могућности. Због тога се, када се истражује природна интелигенција, често наводи да поседујемо неколико типова интелигенције, при чему се издвајају следећа четири типа:

- Логичка (проблемска) интелигенција,
- Емоционална интелигенција,
- Социјална интелигенција и
- Адаптивна интелигенција.

Логичка интелигенције се односи на способност логичког размишљања, и решавање проблема се ослања на коришћење математичких концепата. Емоционална интелигенција се односи на способност препознавања, разумевања, управљања и коришћења својих емоција, као и емоција других људи. Социјална интелигенција се односи на способност разумевања и управљања социјалним интеракцијама, као и способност сналажења у друштвеним ситуацијама. Адаптивна интелигенција се односи на способност организма да се прилагоди променљивим условима животног окружења.

У свим наведеним типовима интелигенције, један од везивних елемената је и хеуристика (искуство). Хеуристика је термин који се користи у процесу доношења одлука или решавања проблема, које су добијене на основу искуства, интуиције, практичних знања, ... Управо је хеуристика искоришћена за један од првих великих успеха ВИ који је постигнут 1959. године, када су Ален Новел, Клиф Шоу и Хербет Сајмон представили

програмски пакет назван: „Општи решавач задатака“ (енгл. General Problem Solver - GPS). У расправи која је вођена после представљања њиховог програмског пакета, а образлажући зашто су се ослонили на хеуристику, аутори су рекли:

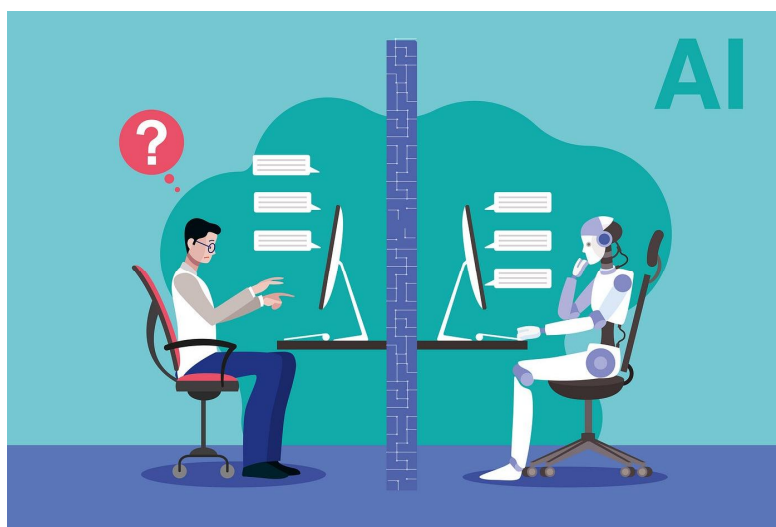
„Многе врсте информација могу да допринесу решавању проблема: информација може да сугерише редослед по коме би се испоставила могућа решења; она може да искључи читаву класу решења за које се претходно мислило да су могућа; може да се прибави лак тест за разликовање вероватних и невероватних могућности, и тако даље. Све ове врсте информација представљају хеуристику - ствари које помажу открићу. Хеуристика ретко обезбеђује непогрешиво вођење. Она често ради али су резултати променљиви, а успех ретко загарантован...“. Илустрацију рада свог програмског пакета аутори су, између осталог, показали на једном крипто аритметичком задатку (код оваквих задатака цифре су замењене словима и треба открити коју цифру представља дато слово). Пре решавања, програмском пакету је саопштено да се ради о сабирању у кодираном облику, и да сваком слову одговара само једна цифра. Програмски пакет осим што треба да реши задатак, треба и да покаже начин на који је дошао до решења. Решавање оваквих задатака и даље представља изазов за данашње верзије програмских пакета генеративне (опште) ВИ (Hill-Yardin et al. 2023, Firat, 2023, Liebrez et. al, 2023).

Управо овај захтев да ВИ објасни како је дошла да одређеног решења/одлуке је била и основ за први тест који ВИ требала да задовољи, да би се нека машина (рачунарски систем) прогласила интелигентним. На слици 1 је приказана илустрација Тјуринговог теста за ВИ, који је био једноставан, и за проглашавање машине/рачунара интелигентним требало је да задовољи услов да човек у добијању одговора не може да разликује да ли је одговор добио од другог човека или од машине (рачунара). Садашњи развој ВИ је већ задовољио у основи Тјурингов тест ВИ, и због тога се постављају нови тестови који би требали да буду далеко сложенији. Без обзира на нове тестове за процену вредности софтвера заснованог на принципима ВИ, Тјурингов тест је основа од које се полази.

Постоје неколико дефиниција, или боље рећи описа термина ВИ. Могу се издвојити следећи:

- Marwin Minsky: ВИ је наука за прављење машина да раде ствари које би захтевале интелигенцију ако би их радио човек.
- Patrich Winston: Циљеви области ВИ могу се дефинисати као: (покушати) учинити рачунаре кориснијим и разумевање принципа који омогућују интелигенцију.

- Alain Bonnet: ВИ је дисциплина чији је циљ да разуме природу људске интелигенције кроз израду програма који имитирају људско понашање.
- Oxford Dictionary Of Computing: ВИ је дисциплина која је концентрисана на израду програма који извршавају задатке који захтевају интелигенцију када их извршава човек, при чему се под интелигентним задацима не подразумевају они за које су добро познате процедуре за њихово решавање (инвертовање матрица).



Слика 1. Илустрација Тјуринговог теста ВИ (Извор: <https://techblog.co.rs/da-li-je-tjuringov-test-zastareo-5-alternative-tjuringovog-testa/>)

И поред тога што се описи појмова природне и ВИ разликују, можда је најбољи опис и једне и друге, дат у следећем облику: „Доношење одлука на основу претходног стеченог искуства“. Овако дат опис нам даје довољно општости да поредимо упоредно одлуке донете расуђивањем код човека и машина (рачунара).

4. Спремност за примену ВИ

У уводном поглављу је већ наведено да одговор на питање о нашој спремности за употребу ВИ, заправо треба посматрати кроз одговоре на неколико других питања. Одговори и образложења одговора су изведени на основу расположивих резултата у различитим областима примене ВИ.

Питање: Да ли смо спремни за свакодневну употребу ВИ у производима као крајњи корисници?

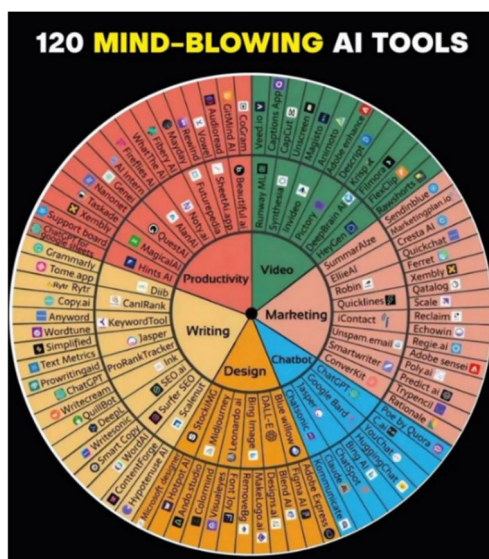
Одговор: Да.

Образложење: Свакодневна употреба апликација (на пример апликације за фотографисање/снимање филмова) на мобилним телефонима не представља препреку ни једном кориснику. Слично је и са савременим машинама за веш, припрему кафе, аутономним возилима, ...

Питање: Да ли смо спремни за свакодневну употребу алата ВИ у решавању својих задатака?

Одговор: Да.

Образложење: Постоји велик број алата ВИ који се користе за решавање различитих свакодневних пословних задатака. На слици 2 је приказан скуп алата ВИ који се користе у свакодневним пословним активностима, од корекције текста до пројектовања машина и система.



Слика 2. Алати засновани на ВИ (Извор: <https://www.ideascanner.com/120-ai-tools-for-10x-productivity/>)

Питање: Да ли смо спремни за свакодневни развој алата ВИ за решавање задатака у одређеној области?

Одговор: Делимично.

Образложење: Одређени број софтверских компанија која су имале приступ великим базама података су развиле алате које се могу примењивати за широк круг корисника. Остаје да се исти принцип искористи за само одређени скуп података и специфичног корисника (војска, полиција, истраживачке лабораторије, ...).

Питање: Да ли смо спремни за свакодневну употребу закона који регулишу коришћење ВИ?

Одговор: Делимично.

Образложење: У многим државама још увек није законски регулисана употреба података у обучавајућим скуповима у оквиру решења заснованих на алатима ВИ. То се пре свега односи на ауторска права, злоупотребу података, одговорност за употребу података, ...

Питање: Да ли смо спремни за свакодневни губитак послова због коришћења ВИ?

Одговор: Не

Образложење: Још увек није у потпуности сагледан ефекат коришћења алата ВИ на губитак радних места. Евидентно је да ови алати значајно помажу у решавању задатака, али њихов учинак на ефикасност још увек није прецизно одређен. Ово је само један од елемената због којег се једно друштво не може добро припремити за смањење броја радних места којих ће сигурно бити. Као најугроженија радна места се наводе:

Технолошки послови. Програмери, софтверски инжењери и аналитичари података. Због своје ефикасности и тачности у обављању ових функција, алати ВИ могу да помогну да се надокнади велика потражња за вештинама кодирања и рачунарског програмирања.

Медијски послови. Оглашавање, креирање садржаја, техничко писање, новинарство, ... Алати ВИ су добро прилагођени за анализу и тумачење огромне количине података и информација.

Аналитичари тржишта. Могућности анализе података и предвиђања исхода су идеалне за анализу истраживања тржишта и примену алата ВИ. Уз помоћ ових алата се препознају трендови као основа за дизајн маркетиншке кампање и пласман производа или услуга.

Наставници. Алати ВИ су велики потенцијал за наставу и могу да се употребе за учење и проверу знања без наставника.

Финансијски аналитичари и лични финансијски саветници. Алати ВИ за предвиђање трендова чине манипулацију нумеричким подацима једноставном и за личне финансије. Ефикасно идентификовање тржишних трендова и поређење инвестиционих перформанси може помоћи финансијској компанији да прогнозира боље комбинације портфела.

Берзански послови. Алати ВИ идентификују трендове на берзи и омогућују доношење одлука везане за послове на берзи, без утицаја брокера, берзанских посредника, ...

Агенти за корисничке услуге. Већина корисника се навикла да соф-ботови одговарају на њихове телефонске или онлајн упите. Очекује се да ће око 25% компанија запослити чатботове као главни канал за корисничку подршку до 2027. године.

Питање: Да ли смо спремни за свакодневну оријентацију на нове послове због коришћења ВИ?

Одговор: Делимично.

Образложење: Примена ВИ ће имати двоструки ефекат. Са једне стране ће затворити (или боље речено смањити потребу за) нека радна места, а са друге стране ће отворити нова радна места. Као један од стандардних примера за новоотворена радна места је обука за коришћење алата ВИ. Поред овог радног места, нека од потпуно нових радних места су:

Промпт инжењер. Генеративна ВИ омогућава корисницима да комуницирају са ВИ системима користећи свакодневни језик и синтаксу. Оно што тражите од ВИ назива се брзо, промтно, дâ инжењерско решење и да не морате увек да будете програмер са дипломом из области информатике да бисте ефикасно израдили неко решење. Промпт инжењер је специјализован за пројектовање и пречишћавање прецизних текстуалних низова који оптимизују обуку ВИ и дају жељене резултате.

Менаџер производа за ВИ. Студија коју је спровео ИБМ показује колико ВИ утиче на област управљања производима – менаџери производа су сада међу највећим корисницима ВИ у организацијама, а 21% њих ради са вештачком интелигенцијом на дневној бази (<https://www.weforum.org/stories/2023/05/jobs-lost-created-ai-gpt>/<https://www.techopedia.com/ai-job-loss-predictions>). Менаџери производа за ВИ користе своју техничку експертизу како би максимално искористили потенцијал производа са ВИ.

Пројектант за интеракцију човек-машина. Пројектанти интеракције човек-машина раде на томе да олакшају беспрекорну комуникацију између система ВИ и људи који их користе. Они комбинују стручност у пројектовању усмереном на корисника, когнитивној психологији и дизајну интеракције како би осигурали задовољавајућу интеракцију са системима ВИ.

Ревизор ВИ. Стварање импресивних и занимљивих одговора није довољно за језичке моделе као што је присутан у алату *ChatGPT*. Такође, кључно је да резултат буде тачан и непристрасан. Улога ревизора ВИ је да активно процењује ВИ системе у погледу пристрасности, појаву грешака и усклађеност са правним оквирима.

Менаџер машина. Како утицај ВИ расте, и саме машине ће морати да науче како да прате упутства ВИ. Менаџери машина ће у свом свакодневном

раду надгледати тимове инжењера, сарађивати на више различитих тимова (корисника) и надгледати хардвер и системе којима управља ВИ.

Модератор садржаја. Иако системи ВИ аутоматизују генерисање садржаја, они и даље могу произвести грешке, предрасуде или неприкладан садржај. Слично ревизорима ВИ, улога модератора садржаја је да прегледа и верификује такав садржај генерисан од вештачке интелигенције како би се осигурала тачност и придржавање смерница заједнице.

Етичар за ВИ. Етичар за вештачку интелигенцију, или стручњак за етику, је одговоран за вођење етичког развоја и примене технологија ВИ. Њихов посао је да анализирају етички утицај садржаја генерисаног алатима ВИ и предлажу смернице за решавање пристрасности или штетних исхода.

Као што је наведено, спремност за примену ВИ се може сагледати на више начина, имајући у виду пре свега њен утицај на послове, односно задатке који се делимично или у потпуности решавају коришћењем алата ВИ. Истраживачи су у великој мери сагласни, да је свесност о утицају технологија ВИ, нагло порасла након увођења генеративних алата попут *ChatGPT*. Постоје различите методологије којима се оцењује спремност неке организације (појединца) за употребу/примену алата ВИ (<https://www.unesco.org/ethics-ai/en/ram>) и оне се могу ефикасно применити за конкретни случај провере спремности за употребу ВИ.

5. Закључак

Алати засновани на различитим методама и технологијама ВИ су последњих година, пре свега појавом алата са употребом генеративне ВИ, постали широко присутни у свакодневном животу и раду, као помоћ или поуздани алат у решавању задатака и доношењу одлука. Поред тога, ови алати омогућавају значајну помоћ у стварању нових креативних решења. Основни предуслов, да би се помоћ која је присутна у примени алата заснованих на ВИ, могла искористити, је да се изврши и трансформација учења.

Нагли пораст компанија која праве производе засноване на коришћењу технологија ВИ је само један од показатеља да је тржиште спремно и да разуме које користи може да донесе ВИ. Брзина увођења производа заснованих на ВИ, захтева и додатно знање да би се у потпуности разумеле добробити и ограничења која су присутна приликом употребе ВИ.

6. Изјаве захвалности

Истраживања у овом раду су финансирана са пројекта под називом „Континуирано унапређење наставних процеса ДИИМ кроз имплементацију

результата научно-истраживачког рада у области Индустијског инжењерства и менаџмента“.

7. Литература

- [1] Cao L. AI Science and Engineering: A New Field. *IEEE Intelligent Systems*, vol. 37, no. 1, pp. 3-13, 2022.
- [2] Firat M. How chat GPT can transform autodidactic experiences and open education. Department of Distance Education, Open Education Faculty, Anadolu University, DOI:10.31219/osf.io/9ge8m, 2023.
- [3] Hill-Yardin E. L, Hutchinson M. R, Laycock R. & Spencer S. J. A Chat (GPT) about the future of scientific publishing. *Brain Behav Immun*, 110, pp. 152-154, 2023.
- [4] Jocković M, Ognjanović Z. & Stankovski S. *Veštačka inteligencija: inteligentne mašine i sistemi*, Krug, 1998.
- [5] Kant I, *Kritika čistog uma*, Deereta, Beograd, 2012.
- [6] Liebrez M, Schleifer R, Buadze A, Bhugra D. & Smith A. Generating scholarly content with ChatGPT: ethical challenges for medical publishing. *The Lancet Digital Health*, 5(3), e105-e106, 2023.
- [7] Russell S. J, Norwig P. Artificial intelligence a modern approach. *Pearson Education*, Inc, 2010.
- [8] Winston P. H. & Prendergast K. A. *The AI business. The commercial uses of artificial intelligence*. Cambridge, MA: MIT Press, 1984.
- [9] Stankovski S. Ostojić G. Opportunities of Generative AI Applications and Tools in Code Generation for Automation Devices, *Journal of Mechatronics, Automation and Identification Technology*, vol. 8, no. 3. pp. 1-5, 2023.
- [10] <https://www.weforum.org/stories/2023/05/jobs-lost-created-ai-gpt/>
- [11] <https://www.techopedia.com/ai-job-loss-predictions>

ИЗАЗОВИ ЗА ПРИМЕНУ ВЕШТАЧКЕ ИНТЕЛИГЕНЦИЈЕ И ЕТИЧКА ПИТАЊА

CHALLENGES FOR THE APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND ETHICAL ISSUES

МИРЈАНА ИВАНОВИЋ¹
РАДОСЛАВ РАКОВИЋ²

Прегледни рад
DOI: 10.5937/VI24119I

Резиме: Концепти вештачке интелигенције успостављени су још половином XX века, али су почели значајно да се примењују у новије време када је напредак технологија то омогућио. Као и све нове технологије, и вештачка интелигенција створила је многе могућности које су оријентисане ка томе да нам олакшају свакодневне активности. Међутим, уочено је да су могућности за злоупотребу ових технологија веома велике и то отвара много питања која се односе на законодавне и етичке аспекте њихове примене. У овом раду сумирани су изазови и етичка питања везана за примену вештачке интелигенције, а посебна пажња је посвећена сегменту родне равноправности.

Кључне речи: Вештачка интелигенција (ВИ), етичка питања, родна равноправност

Abstract: The concepts of artificial intelligence were established in the middle of the 20th century, but they began to be significantly applied in recent times when the progress of technology made it possible. Like all new technologies, artificial intelligence has created many possibilities that are oriented towards making our daily activities easier. However, it has been observed that the possibilities for misuse of these technologies are very high and this raises many questions related to the legislative and ethical aspects of their application. This paper summarizes the challenges and ethical issues related to the application of artificial intelligence, and special attention is paid to the segment of gender equality

Key Words: Artificial Intelligence (AI), Ethical issues, Gender Equity

¹ Мирјана Ивановић, Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Трг Доситеја Обрадовића 3, Нови Сад, mira@dmi.uns.ac.rs, ORCID 0000-0003-1946-0384

² Радослав Раковић, Инжењерска академија Србије, Кнеза Милоша 9, Београд rakovic@gmail.com, ORCID 0000-0002-8067-6582

1. Увод

Концепти вештачке интелигенције - ВИ (енгл. *Artificial Intelligence* - AI) успостављени су још половином XX века али су почели значајно да се примењују у новије време када је напредак технологија то омогућио. Сам појам је први употребио John McCarthy (Carnegie Mellon University) 1956. године, иако су неуралне мреже и роботика почеле да се користе у време II светског рата. У наредним деценијама развиле су се разне области вештачке интелигенције као што су експертски системи, разумевање природног језика, аутономна возила, рачунарско виђење, мноштво интелигентних Интернет апликација итд.

Од мноштва дефиниција ВИ, издвајамо широко прихваћену дефиницију коју је понудила независна експертска група Европске комисије у извештају о дефинисању ВИ, а која је прихваћена и у Стратегији развоја ВИ у Републици Србији за период 2020-2025. године: „Вештачка интелигенција (ВИ) односи се на системе који показују разумно, интелигентно понашање на основу анализе свог окружења и доносе одлуке – са одређеним степеном аутономије – да остваре конкретне циљеве. Системи засновани на вештачкој интелигенцији могу бити базирани искључиво на софтверу и деловати у виртуелном свету (на пример, виртуелни асистенти, софтвери за анализу фотографија, интернет претраживачи, системи за препознавање говора и лица) или могу бити уграђени у уређаје – хардвер (на пример, напредни роботи, аутономна возила, дрони и слично).”

Као и све нове технологије, и вештачка интелигенција створила је многе могућности које су оријентисане ка томе да нам олакшају свакодневне активности, како у професионалном тако и у приватном животу. Међутим, уочено је да су могућности за злоупотребу ових технологија веома велике и то отвара много питања која се односе на законодавне и етичке аспекте њихове примене.

У овом раду сумирани су изазови и етичка питања везана за примену вештачке интелигенције. Посебан део рада посвећен је утицају који системи ВИ имају у области родне равноправности.

2. Изазови у примени вештачке интелигенције

Примена вештачке интелигенције носи са собом мноштво изазова. На овом месту указаћемо на оне које су најзначајније:

Недовољна знања о вештачкој интелигенцији. Генерално гледано, веома мали број људи зна шта је, суштински, вештачка интелигенција и где се све може применити. На жалост, живимо у ери друштвених мрежа на

којима се, из разних разлога, пласирају полу-истине или потпуне неистине о овом концепту и практичним последицама његове примене.

Недовољно знање и дезинформације рађају код многих људи страх од нових технологија, јер многи у њима виде само негативне стране, укључујући и страх да ће машине у потпуности заменити људе и да ће они остати без посла. Кључна ствар у борби за реалистично сагледавање примене ВИ лежи пре свега у компетентној едукацији људи како би што боље користили њене погодности и што боље се борили са потенцијалним злоупотребима.

Утицај на безбедност информација. Све већа дигитализација у многим сферама живота суочава нас са проблемом заштите информација тј. Очувању три њена основна својства. Пре свега штити се поверљивост (енгл. Confidentiality), тј. да информација не буде на располагању онима ко на њу немају право, њен интегритет (енгл. Integrity) тј. да информација остане целовита и неизмењена и њена расположивост (енгл. Availability) тј. да информација буде доступна онима који на њу имају право онда када им је потребна за доношење одлука. Појавом вештачке интелигенције овај, и онако сложен проблем, додатно се заоштрава, јер су услови за очување безбедности информација још тежи.

Угрожавање података о личности. У неку руку, ова област се може подвести под безбедност информација, али јој осетљивост људи на обелодањивање било којих података о сфери коју би желели да задрже за себе или у кругу својих најближих даје посебну димензију. У Европској уредби о заштити података ЕУ/2016/679, познатој као GDPR (енгл. General Data Protection Regulation) као и у Закону о заштити података о личности Републике Србије, који је на њој заснован, експлицитно је дефинисано право субјекта података да не буде предмет одлука заснованих на аутоматској обради, укључујући и профилисање, дакле без учешћа човека (члан 22).

Поузданост и тачност података. Многи алгоритми ВИ, посебно у домену машинског учења, заснивају свој рад на обиљу података. Да би крајњи резултат обраде тих података био коректан и користан, неопходно је да они буду узети из поузданих извора и, што је још важније, потребно је да буду тачни. Последице одлука донетих на основу нетачних података могу бити несагледиве. Са тим се свакодневно суочавамо на друштвеним мрежама на којима се неретко обични симптоми проглашавају показатељем најтежих болести, а за решавање проблема било које природе често се могу прочитати крајње некомпетентни „савети“. На жалост, један део популације, углавном старији, још увек безрезервно верују свему ономе што се објави у средствима информисања.

Прављење разлике између стварног и лажног. Када желе да кажу да су се у нешто уверили, људи обично кажу да су то „видели својим очима, чули својим ушима“. У сфери вештачке интелигенције то више не важи – злоупотребом алата ВИ могу се формирати лажне појаве (енгл. Deepfake) које могу на визуелан и аудио начин свакога сместити у околности у којима у стварности никада није био. Ова врста злоупотребе технологија може бити веома интересантна у неким областима, нпр. у политичком животу, у циљу урушавања угледа политичких противника.

Одговорност за донете одлуке. Одлуке које системи ВИ доносе некада могу имати веома озбиљне последице, а ако су оне негативне, отвара се питање одговорности за то. Човек се не може сакривати иза често коришћеног оправдања да је „рачунар погрешио“. У том смислу предстоји значајан изазов за законодавце да регулишу ову област тако да човек у крајњој мери буде одговоран за одлуке, чак и у случају када ту одлуку доноси систем ВИ, јер је човек тај који мора да оствари надзор над тим системом

3. Етичка питања у примени вештачке интелигенције

Широм света се воде бројни разговори о етичности употребе технологија. Једна од најинтересантнијих тема свакако је питање у којим улогама би вештачка интелигенција требало да замени људе? Затим, веома је важно шта се дешава у области заштите личних података и могућих повреда људских права. На пример, употреба алата ВИ као што је ChatGPT изазвала је 2023. године штрајк једног писца и отворила важна питања о ауторским правима, како у индустрији забаве тако и у другим сферама.

У литератури је издвојено 11 етичких питања која су препозната када је реч о употреби вештачке интелигенције.

Питање 1: Расподела посла (Job Displacement)

Расподела посла је проблем који се често наводи у расправама о вештачкој интелигенцији и тесно је повезан са изазовом који се односи на недовољна знања. Суштина је у томе да постоји бојазан да ће аутоматизација заменити одређене аспекте или читаве радне улоге, што ће довести до повећања стопе незапослености.

Према Извештају CompTIA (енгл. The Computing Technology Industry Association) о усвајању пословних технологија и трендовима вештина, 81% радника у САД је недавно видело чланке који се односе на замену радника вештачком интелигенцијом. У истом извештају је утврђено да су 3 од 4 радника веома или донекле забринути због тога како ће аутоматизоване технологије утицати на радну снагу.

Поменута забринутост свакако није без основа, јер се очекује да ће власници компанија доносити одлуке које су за њих најпрофитабилније. Међутим, треба имати у виду да су се током историје појављивале нове технологије које ипак нису доводиле до драматичних промена у погледу стопе запослености. Тачно је да се очекује да ће већ у наредних неколико година нека радна места потпуно нестати, али ће се појављивати нова, примерена увођењу ВИ. То ће, свакако, захтевати одређена прилагођавања и преквалификације, али је још пре неколико деценија постало јасно да је неопходно стално учење у току радног века и да ће онај ко на то није спреман имати проблема. Дакле, насупрот често присутном ставу, немогуће је базирати цео свој радни век на знањима стеченим у редовном образовању.

Питање 2: Приватност (енгл. Privacy)

Обука ВИ модела захтева огромне количине података, од којих неки укључују информације везане за личност (engl. Personal Identifiable Information – PII). И без вештачке интелигенције тренутно постоји релативно мали увид у то како се подаци о личности прикупљају, обрађују и чувају, што изазива забринутост око тога ко може да приступи вашим подацима и како може да их користи.

Појава ВИ само продубљује овај проблем. На пример, примена програма за препознавање лица у циљу праћења кретања осумњичених за нека кривична дела отвара низ питања око тога да ли постоји легалан судски налог за спровођење оваквих активности, колико се дуго ти подаци чувају, ко може да им приступи, итд. Колико год институције које се баве оваквим активностима биле важне за безбедност грађана, многи су забринуте због злоупотребе тих могућности у јавним просторима у смислу кршења права појединца на приватност.

Питање 3: Пристрасност (енгл. Bias)

Вештачка интелигенција сама по себи није пристрасна. Међутим, системи ВИ се обучавају коришћењем података из људских извора и дубоког учења што може довести до ширења неких предрасуда кроз технологију. На пример, ВИ алат за запошљавање би могао да буде дискриминаторан ако скупови података који се користе за обуку алгорита садрже пристрасност према одређеној групи, било у смислу њеног фаворизовања или одбојности према њој. Ово свакако може имати правне импликације ако води до дискриминаторске праксе, без обзира да ли се она базира на полној, верској, националној, расној припадности, припадности специјалним друштвеним групама (нпр. LGBT популација итд).

Јасно је да различити облици пристрасности постоје у друштву, па ће самим тим бити присутне и у системима ВИ. Зато се на такве појаве и приступе мора обратити посебна пажња.

Питање 4: Безбедност (енгл. Security)

У овире изазова у примени ВИ већ је наглашено да се ВИ, као и свака друга грана рачунарских наука данас, суочава са очувањем својстава безбедности информација. Може се рећи да безбедност остаје главни приоритет када је у питању вештачка интелигенција, јер било који облик злонамерних напада може довести до веома великих последица. Агенција за инфраструктуру и сајбер безбедност (енгл. The Cybersecurity Infrastructure and Security Agency - CISA) упућује на документоване случајеве напада који доводе до лошег понашања у аутономним возилима и скривања објеката на снимцима сигурносних камера. Из тих разлога, неопходно је применити низ безбедносних мера (организационе и/или технолошке природе) како би се ограничили потенцијални негативни ефекти ВИ.

Питање 5: Објашњивост (енгл. Explainability)

Не може се сматрати адекватним приступ да пустите ВИ алате у рад и да пасивно гледате шта се дешава и који су ефекти таквих активности. У неким ВИ апликацијама може бити посебно важно да се разуме процес доношења одлука тј. да се разуме зашто су ти алати ВИ дошли баш до одређених закључака. Ово може имати значајне импликације, посебно у индустријама као што су здравство или спровођење закона, где се морају узети у обзир разноврсни фактори, јер су, у крајњем случају, у питању стварни људски животи. Јасно је да се у оваквим ситуацијама мора дефинисати обавеза постојања надзора од стране човека.

Питање 6: Крајња одговорност (енгл. Accountability)

Све већа распрострањеност ВИ у разним областима значи да свакодневно користимо ВИ алате за доношење одлука. У случајевима када те одлуке доводе до негативних последица, неки пут може бити тешко да се идентификује ко је одговоран за то. У пракси се човек често сакрива иза машине, кривећи је да је она погрешила, што је неприхватљиво из више разлога. Пре свега, из искуства знамо да креирање било ког алгорита којим нешто желимо да аутоматизујемо подразумева да добро познајемо процес који аутоматизујемо, не само његову основну функцију већ и варијације које могу настати у реалном окружењу. Рачунар, дакле, ради оно што му је човек прописао, а човек у крајњем случају мора да буде тај који ће протумачити добијене резултате, колико они имају смисла, па их тек онда применити у пракси. Ово је понекад повезано са правним

аспектима одговорности, па би требало да буде регулисано одговарајућим законодавством, које такође мора да се мења и прилагођава савременим технологијама.

Питање 7: Лажне појаве (енгл. Deepfakes)

Израз „лажне појава“ настао је као сложеница од „дубоког учења“ (енгл. Deep Learning) и речи „лажно“ (енгл. Fake), а дефинише се као „синтетички медијум којим се кроз манипулацију убедљиво замењује сличност једне особе са другом, у форми лажне слике, видеа или гласа“. Једна студија је чак показала да је Microsoft API (енгл. Application Programming Interface) преварен у више од 75% ситуација користећи лако генерисане лажне појаве. Суштина етичког изазова је у лажном представљању, што може да буде безбедносни проблем за неки систем (јер на тај начин неко може преузети овлашћења особе коју лажно представља), може се злоупотребити за утицај на јавно мњење у политичким кампањама (за дискредитацију политичких супарника), да не помињемо доношење неких одлука са несагледивим последицама на берзи или у међународним односима. Веома је важно да људи схвате да не би смели да прихватају „здро за готово“ све оно што на медијима виде или чују, јер често то није аутентично.

Питање 8: Дезинформације (енгл. Misinformation)

Дезинформације могу да утичу на стварање друштвених подела и на одржавање неистинитих мишљења утичући тиме на јавно мњење и наносећи штету репутацији организација и појединаца. То се посебно може видети у политичком животу. Једна изрека каже да „лаж обиђе цео свет док истина веже пертле“. Једном када дезинформације постану широко распрострањене на друштвеним медијима, може бити тешко утврдити одакле потичу и тешко је борити се са њима, јер демантијима ретко ко верује, полазећи од пословице „где има дима ту има и ватре“. Алати вештачке интелигенције могу се користити за ширење дезинформација, чинећи да изгледа као да су информације легитимне, а заправо нису.

Питање 9: Коришћење интелектуалне својине (енгл. Exploitation of Intellectual Property)

Недавна тужба против ChatGPT-а која укључује неколико популарних писаца који тврде да је платформа незаконито користила њихов рад заштићен ауторским правима скренула је пажњу на питање како ВИ користи интелектуалну својину. Неколико аутора, недавно су тужили OpenAI због кршења ауторских права кроз коришћење њихових садржаја за обуку својих алгоритама. То свакако угрожава могућност писаца да живе од свог

рада, али и генерално изазива забринутост власника интелектуалне својине о томе како ће ВИ наставити да утиче на њихов живот.

Питање 10: Губитак друштвених веза (енгл. Loss of Social Connection)

Живимо у времену у коме је зависност од мобилних телефона готово изједначена са зависношћу од наркотика. Јасно је да ВИ има потенцијал да пружи појединцу садржаје који су максимално прилагођени његовим склоностима. Међутим, на овај начин човек у значајној мери губи својство друштвеног бића, сели се из реалног у виртуелни свет, губи друштвене везе, емпатију према другима и осећај општег добра. У неким ситуацијама као што су игре изазова, људи неретко угрожавају свој живот у буквалном, физичком смислу

Питање 11: Балансирање етике и конкуренције (енгл. Balancing Ethics with Competition)

Нове технологије намећу компанијама, технолошким гигантима и стартап-овима посебне изазове у сталној трци за иновацијама. Често је успех одређен способношћу компаније да буде прва која ће објавити одређену технологију или апликацију.

Када су у питању ВИ системи, у тој трци компаније често немају довољно времена да се посвете етичким аспектима својих технологија и развоју безбедносних мера. У тој брзини дешавају се грешке чак и највећима – половином јула 2024. године је због грешке у једном програму Microsoft-а дошло до престанка рада многих масовних система (банке, авио саобраћај, железница). Иако је грешка исправљена у року од неколико сати, последице су биле дуготрајније јер је, на пример, одложено више десетина авионских летова и то у сред туристичке сезоне.

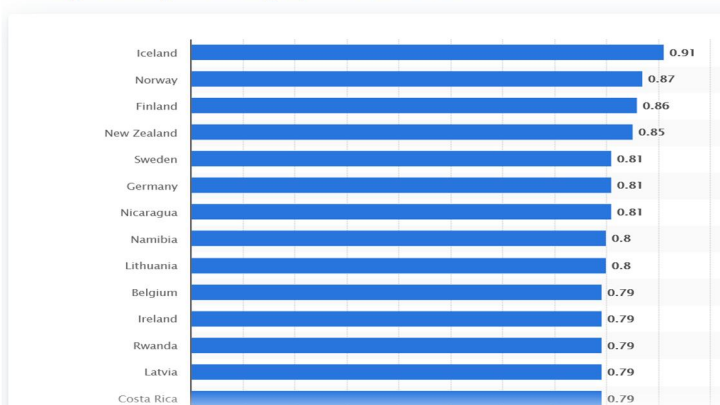
4. Утицај вештачке интелигенције на родну равноправност

У претходном делу рада разматрали смо пристрасност као један од елемената који може да буде уграђен у системе ВИ. Једна од веома актуелних тема у којој та пристрасност може да се манифестује јесте родна равноправност (енгл. Gender Equality). Дискриминација по полној припадности стара је колико и свет. Примера има веома много, а овде ћемо навести један пример из света музике – Клара Шуман је већини људи позната као супруга познатог композитора Роберта Шумана, а људима на овим просторима и као особа чији се лик налазио на новчаници од 100 немачких марака. Два века након њеног рођења утврђено је да је и као композитор и пијаниста била вреднија од свог супруга, али није могла да дође до изражаја из једног јединог разлога - јер је била жена.

У овом раду, под појмом „род“ подразумеваћемо природну поделу човечанства на мушкарце и жене. Под родном равноправношћу подразумева се стање подједнаке лакоће приступа ресурсима и могућностима без обзира на полну припадност, укључујући економско учешће и доношење одлука, као и стање подједнаког вредновања различитих понашања, жеља и потреба, без обзира на пол.

Родна равноправност је веома значајна компонента остваривања људских права – циљ је да се ствари друштво у коме и жене и мушкарци уживају исте могућности, права и обавезе у свим сферама живота. Светски економски форум (енгл. World Economic Forum - WEC) прати и на годишњем нивоу публикује стање и развој родне равноправности у четири кључне димензије – економско учешће и прилике, образовање, здравље, политички живот – и то исказује као глобални индекс родних разлика (енгл. Global Gender Gap Index – GGI), на скали 0 до 100. Од 2006. године у то је укључен и индикатор везан за вештачку интелигенцију. Илустрације ради, на слици 1 приказан је резултат за 2023. годину

The global gender gap index 2023



Слика 1. Индекс родних разлика, WEC, 2023

Са слике 1 може се видети да је стање родне равноправности најбоље у скандинавским земљама (4 од 5 првих места) са индексом од 0.81 до 0.91. По том извештају, индекс у Србији износи 0.76 што указује да има доста простора за побољшање.

Према подацима из 2023. године, учешће жена на пословима из групе тзв. STEM вештина (енгл. Science, Technology, Engineering, Mathematics) је свега 29.2% док је њихов удео у пословима non-STEM вештина 49.3%. У периоду од 2016. до 2022. године удео жена на пословима ВИ повећан је за свега 4% (са 26% на 30%).

Показало се да еволуција ВИ продубљује јаз међу половима и да је више проклетство него благослов за жене. Према извештају UNESCO-а из 2019. године, само 12% истраживача ВИ у свету су жене, а само 6% особа које се професионално баве развојем софтвера припадају женском полу.

Шта је потребно како би се стање у овој области осетније поправило? Издвајају се на неки начин три смера деловања:

- Повећање разноликости тј. уједначавање састава тимова који раде на пројектовању и развоју ВИ система
- Ревизија података који се користе за тренирање ВИ система
- Обезбеђење транспарентности и објашњивости ВИ система.

Неуједначеност састава тимова који раде на ВИ системима последица је укорененог стереотипа још из раног периода одрастања где се сматра да девојчице нису способне као дечаки за области STEM вештина. Поред сегмента образовања, то подразумева подршку и менторску помоћ женама за преузимање руководећих позиција, креирање једнаких услова за напредовање почевши од политике пријема новозапослених, коришћење родно осетљивог језика за занимања из ове области (наравно на разуман и смислен начин) као и успостављање таквог система награђивања који није родно дискриминаторан. По неким подацима, упркос смањивању разлика, мушкарци још увек зарађују око 20% више него жене на истим пословима и позицијама.

Тренирање ВИ система заснива се на одређеним подацима и неопходно је бити веома пажљив у избору тих података како би се избегло да у њих буду унете предрасуде дискриминаторског карактера. О укоренености предрасуда сведочи и један баналан случај – након учесталих жалби жена да им је хладно у климатизованим канцеларијским просторима утврђено је да су алгоритми за формирање климатских система у радном простору из шездесетих година прошлог века били засновани на претпоставци да мушкарци у радном простору по правилу носе одела. Друга ситуација су алгоритми за одлучивање о пријему кандидата – уколико се у алгоритме интервјуисања кандидата унесу (у суштини противзаконите) клаузуле везане за планирање породице (ступање у брак, рађање деце), јер послодавци не воле дужа одсуства запослених, то ће неминовно фаворизовати кандидате мушког пола.

У сфери транспарентности и објашњивости система ВИ UNESCO је дефинисао одређен број препорука за борбу против родних предрасуда у ВИ, а у смеру јачања улоге жена. Наиме, већина људи који користе системе ВИ очекују да ће имати комуникацију са гласом дигиталног асистента. Зато

су дигитални асистенти у већини случајева пројектовани као жене (по имену, гласу, појави) јер се доживљавају много хуманијим, са топлином и емоционалношћу у комуникацији. У основи, то ствара слику да су жене способне да одговоре свему ономе што је кориснику ВИ система потребно. То, на жалост, у неким ситуацијама није добро – ако систем ВИ не ради добро, жене су персонификација тих грешака, иако су софтвер и хардвер за те системе углавном креирали мушкарци!

Упркос великим променама на плану остваривања родне равноправности током историје до данас, јасно је да је стање још увек незадовољавајуће. Познато је да се укорене и лоше навике веома тешко мењају. Као и у већини других области, постоји значајна диспропорција између законских опредељења и практичне реализације. У основи побољшања лежи један једноставан, али у пракси изгледа веома тешко остварљив принцип – успостављање способности као кључног критеријума за заузимање позиција и напредовање. Успостављање једног таквог приступа брзо би довело до уједначавања полне заступљености. Вештачке квоте о заступљености жена само делимично помажу, а вештачко форсирање родно осетљивог језика само одмаже.

5. Закључак

Генерално гледано може се закључити да је вештачка интелигенција, са техничког становишта, значајно допринела унапређењу наших активности и у професионалном и у приватном животу. На жалост, то се не може рећи ако се ова област посматра са друштвеног, етичког и хуманог становишта. Предстоји још много рада и на едукацији људи и на доношењу и примени стандарда и прописа које би регулисале ову област тако да она стварно допринесе добробити човечанства.

6. Литература

- [1] A definition of AI: Main capabilities and scientific disciplines, Independent High-level Expert Group on Artificial Intelligence set up by the European Commission, 2018
- [2] Artificial Intelligence – Tutorial, 2015, www.tutorialpoint.com
- [3] Baum H, *An Introduction to Artificial Intelligence - Ways that People Think and Learn*, <https://books.google.rs>, August 2023.
- [4] Ivanovic M, Putnik Z, Budimac Z, Bothe K, Zdravkova K, Gender influences on studying computer science: non-EU Balkan case, BCI '13: Proceedings of the 6th Balkan Conference in Informatics. 171-178, 2013.

- [5] Ivanović M, *Artificial Intelligence – Gender Equality and Ethical Aspects*, Novi Sad, February 2024. <https://en.wikipwdia.org/wiki/Deepfake>
- [6] Стратегија развоја вештачке интелигенције у Републици Србији за период 2020.-2025. година, *СГРС* 96/2019
- [7] Раковић Р, *Безбедност информација – основе и смернице*, Академска Мисао, Београд, ISBN 978-86-7466-711-8, Београд, 2017.
- [8] Раковић Р, *Заштита података о личности – оквир и изазови*, Инжењерска академија Србије, Београд, 2023.
- [9] Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data - General Data Protection Regulation, OJEU, L 119/1 to 88, 2016
- [10] Savic M, Ivanovic M, Lukovic I, Delibasic B, Protic J, Jankovic D, Students' preferences in selection of computer science and informatics studies: A comprehensive empirical case study. *ComSIS* 18(1): 251-283, 2021.
- [11] Waters A:11 Common Ethical Issues in Artificial Intelligence, November 2023, <https://connect.comptia.org/blog/common-ethical-issues-in-artificial-intelligence>
- [12] UNESCO „I’d blush if I could“, Report, 2019

ОРГАНИЗАТОРИ



СИТС - САВЕЗ ИНЖЕЊЕРА И ТЕХНИЧАРА СРБИЈЕ ИСТОРИЈАТ И САДРЖАЈ РАДА

ИСТОРИЈАТ

Корени српске техничке цивилизације почињу још у доба Немањића. Зачеци инжењерства су у рударско-металуршким подухватима (Ново брдо) и грађењу величанствених сакралних објеката средњовековне српске државе.

Од Првог (1804), а посебно Другог српског устанка (1815), оживљава српско градитељство које је нарочито од тридесетих година било везано за изградњу саобраћајница, подизање јавних објеката, уређење вароши, и др.

У то време (1834/35. године) из аустријског царства долазе и први државни службеници – „правителствени инцинири“ (Франц Јанке и барон Франц Кордон), а у том веку Србијом је прошло око 600 инжењера.

Започињање наставе на Техничком факултету Велике школе 1863. године значило је прекретницу у школовању српских инжењера. Поред школовања у земљи један број инжењера се школовао и у иностранству.

Истовремено, са школовањем првих техничких кадрова, јавља се и иницијатива за оснивањем стручне, еснафске организације. ТАКО ВЕЋ 3. ФЕБРУАРА 1868. ГОДИНЕ, САМО ГОДИНУ ДАНА ПОСЛЕ ПРЕДАЈЕ КЉУЧЕВА ГРАДА БЕОГРАДА ОД СТРАНЕ ТУРСКОГ ПАШЕ КНЕЗУ МИХАЈЛУ, ДОЛАЗИ ДО ОСНИВАЊА „ТЕХНИЧАРСКЕ ДРУЖИНЕ“, чији је први председник био Емилијан Јосимовић и тај датум је усвојен као година настанка наше организације. Убрзо затим (1869) оснива се и Удружење за пољску привреду, односно Српско пољопривредно друштво.

Године 1890. долази до оснивања Удружења српских инжењера, а од 1896. инжењера и архитеката.

Прво стручно гласило овог удружења „Српски технички лист“ изашао је 1890. године.

ПРВИ ПОЧАСНИ ЧЛАН УДРУЖЕЊА СРПСКИХ ИНЖЕЊЕРА БИО ЈЕ НИКОЛА ТЕСЛА, КОЈИ ЈЕ ТО ПРИЗНАЊЕ ДОБИО ЗА ВРЕМЕ СВОГ КРАТКОГ И ЈЕДИНОГ БОРАВКА У БЕОГРАДУ 1892. ГОДИНЕ.

За време Првог светског рата у Солуну излазе два броја „Српског техничког листа“, где се иначе налазио велики број инжењера који су били и војници. Ту је 1918. године одржана Скупштина са 463 инжењера.

УДРУЖЕЊЕ ЈЕ 1932/35. ГОДИНЕ СОПСТВЕНИМ СРЕДСТВИМА, КРЕДИТИМА И ДОБРОВОЉНИМ ПРИЛОЗИМА ИЗГРАДИЛО СВОЈ ДОМ У УЛИЦИ КНЕЗА МИЛОША 7, А ДОМ ИНЖЕЊЕРА „НИКОЛА ТЕСЛА“ УЛ. КНЕЗА МИЛОША 9-11, ИЗГРАЂЕН ЈЕ У ПЕРИОДУ ОД 1962. ДО 1969. ГОДИНЕ. У ОВА ДВА ДОМА ИНЖЕЊЕРА СМЕШТЕН ЈЕ И РАДИ САВЕЗ ИНЖЕЊЕРА И ТЕХНИЧАРА СРБИЈЕ СА СВОЈИХ 26 РЕПУБЛИЧКИХ СТРУКОВНИХ И МУЛТИДИСЦИПЛИНАРНИХ ДРУШТАВА, КОЈИ СЕ САМОСТАЛНО ФИНАНСИРАЈУ, ОД УКУПНО 45 ЧЛАНИЦА САВЕЗА.

Поред **Емијилана Јосимовића**, првог председника, који је био и ректор Лицеја и Велике школе и почасни члан Српске краљевске академије у раду нашег Савеза учествовали су и дали свој допринос и: **Коста Алковић**, проф. Велике школе, министар грађевина, члан Српског ученог друштва и Српске краљевске академије, **Димитрије Стојановић**, професор Техничког факултета и први директор Српских државних железница, члан Српског ученог друштва и Српске краљевске академије, **Милош Савчић**, министар грађевине Србије, председник града Београда, и познати привредник, који је дао највише средстава 1932. године за подизање Дома инжењера и техничара Србије, председници САНУ **Јосиф Панчић** и **Јован Жујовић**, **Симо Лозанић**, **Кирило Савић**, **Александар Деспић**, **Никола Хајдин** и многи други познати стручњаци и научни радници.

САДРЖАЈ РАДА

Савез инжењера и техничара Србије је добровољна, невладина, непрофитна, стручно-научна, интересна, професионална и ванстраначка организација инжењера и техничара и њихових организација у Републици Србији, отворена за сарадњу са другим научно-стручним, привредним и осталим организацијама, на бази међусобног уважавања, узајамног поштовања и самосталности у раду.

Савез инжењера и техничара Србије и његове чланице се самостално финансирају и самостално финансирају своје стручне активности и издавање стручних публикација.

Циљеви и задаци СИТС-а су:

- окупљање и организовање инжењера и техничара Србије ради остваривања њихових интереса, увећања стручног знања, обезбеђења одговарајућег статуса у заједници, на бази њиховог стручног доприноса у привредном, економском, научно-технолошком и укупном развоју Републике Србије;
- обједињавање, јачање и омасовљавање инжењерско-техничарских организација Србије, развијање међусобне сарадње и сарадње са одговарајућим међународним организацијама инжењера и техничара;
- побољшавање статуса, интереса, угледа и заштите чланова инжењерско-техничарске организације Србије и пружање помоћи својим члановима и чланицама;
- развијање свих облика сарадње са другим домаћим и иностраним инжењерским организацијама и асоцијацијама;
- пружање помоћи инжењерима и техничарима у научном и стручном усавршавању и организовању одговарајућих облика перманентног образовања;
- праћење савременог развоја технике и технологије и указивање на токове збивања и промене у овој области и давање мишљења о оптималности техничких и технолошких решења при привредним, инвестиционим и другим подухватима;
- неговање и развијање етике инжењерско-техничарског позива, људских права и слобода;
- подстицање, организовање научно-стручних скупова, објављивање научних и стручних радова, издавање часописа и других публикација од интереса за инжењерско-техничарску организацију и техничку интелигенцију;
- организовање конгреса од значаја за струку, који је скуп инжењера и техничара Србије, на коме се разматрају најзначајнија питања из делокруга рада инжењерско-техничарске организације Србије, развоја привреде, науке, технике и образовања. Конгрес се одржава у складу са могућностима и потребама, о чему одлуку доноси Скупштина СИТС;
- организовање скупова, семинара, курсева, стручних обилазака, изложби, округлих столова и јавних расправа од интереса за локалне самоуправе и за привредне, образовне и здравствене институције;
- организовање континуалне едукације за инжењерске, здравствене и образовне организације у сарадњи и у складу са критеријумима меродавних државних и других институција;
- рад на техничкој регулативи (законима, прописима и стандардима), обезбеђујући њену савременост, адекватност, актуелност и функционалност, а посебно на осавремењавању регулативе за локалне самоуправе;
- разматрање и давање стручних мишљења о програмима, плановима, пројектима, анализама и другим актима важним за развој технике, технологије и производње у Републици Србији, као и судско вештачење;

- организација и одржавање стручних испита у складу са Законом;
- подстицање и помагање оних активности и иницијатива усмерених ка очувању животне средине, водних ресурса и уређењу простора, уштеди и рационализацији потрошње свих врста енергије;
- сарадња са одговарајућим стручним, привредним и другим организацијама и органима на реализацији задатака од заједничког интереса;
- неговање сећања на значајне личности и догађаје из историје инжењерско-техничарских струка, науке и дисциплина;
- управљање Домовима и осталом имовином, извршавање општих, административних, стручних, рачуноводствено-финансијских, техничких и других послова преко Стручне службе Савеза инжењера и техничара Србије у свом интересу, интересу чланова, чланица, запослених и друго.

Савез и чланице Савеза имају развијену сарадњу са органима локалне самоуправе, одговарајућим градским и републичким министарствима и другим органима, Српском академијом наука и уметности, Инжењерском комором Србије, Инжењерском академијом Србије, Привредном комором Србије, са многим предузећима, привредним и стручним асоцијацијама, факултетима и универзитетима и многим другим институцијама. Имамо развијену и одговарајућу међународну сарадњу.

Савез већ дуго година на основу Закона и уговора са надлежним републичким министарствима организује и спроводи послове одржавања стручних испита из области инжењерских струка у Републици Србији.

Савез инжењера и техничара Србије – СИТС, данас има више хиљада својих чланова, 45 својих чланица у Србији, и то: 27 чланица на републичком нивоу, струковних савеза различитих инжењерских струка, (архитектура, урбанизам, грађевина, машинство, електротехника, рударство, геологија, геодезија, агрономија, шумарство, хемија и др), 18 колективних чланица Савеза на покрајинском, градском и регионалном нивоу.

Савез је оснивач ИАС – Инжењерске академије Србије. У оквиру Савеза формиран је у 2002. години Развојни центар СИТС-а који ангажује наше научнике и стручњаке на решавању многих текућих и развојних садржаја из области привреде Србије.

Поред бројних периодичних публикација, редовно излази више стручних часописа, међу којима: „Техника“, „КГХ“ (Климатизација, грејање, хлађење), „Изградња“, „Процесна техника“, „Шумарство“, „Текстилна индустрија“, „Ecologica“, „Заштита материјала“ и други.

Савез има своју покретну и непокретну имовину (Домове инжењера у Београду), самостално се финансира, редовно измирује своје обавезе према свим надлежним државним органима и својим добављачима и успешно послује.

Савез инжењера и техничара Србије, као национална инжењерска организација Србије, члан је међународних организација, и то ENGINEERS EUROPE –

Европске инжењерске федерације која окупља националне инжењерске асоцијације из 33 земље Европског високообразовног подручја и COPISSE – Стална конференција инжењера Југоисточне Европе.

Корени су давно постављени и евидентни су резултати пређашњег рада. Налазећи инспирацију у прошлим временима, сагласно многим и великим променама у свету, а посебно у техници и технологији, Савез инжењера и техничара Србије и његове чланице у континуитету иновирају свој рад, од интереса за своје чланове, своје чланице, грађане и државу Србију.



ИНЖЕЊЕРСКА АКАДЕМИЈА СРБИЈЕ

Инжењерска академија Србије - ИАС основана је 26.06.2000. године ради остваривања циљева и задатака из техничко-технолошких делатности, развоја и унапређења инжењерске струке, примене савремених техничко-технолошких знања, унапређења стандарда и садржаја у науци, образовању, привреди, заштити животне средине и другим привредним сферама живота и рада.

Идеја оснивања Инжењерске академије била је присутна у круговима Савеза инжењера и техничара Југославије - СИТЈ још од 1993. године, када је у Статут СИТЈ унета одредба о оснивању Академије. На осмом Конгресу СИТЈ, септембра 1997. године, предлог за оснивање Инжењерске академије добио је пуну подршку.

Активни оснивачи Инжењерске академије Србије - ИАС су:

- Савез инжењера и техничара Србије - СИТС
- Друштво за путеве Србије.

МИСИЈА

Мисија ИАС је да буде креативна и иновативна научно-стручна организација која ће подржати изврност у области инжењерског и научног стваралаштва и допринети развоју техничких наука и преносу знања оријентисаних на економски и привредни развој Србије, као и укупни развој друштва у целини, уз промовисање одрживог развоја, заштите животне средине и људи и безбедну употребу технологија.

ВИЗИЈА

Визија ИАС је да у наредних десет година постане високо респектабилна научно-стручна инжењерска организација у функцији унапређења привредног, друштвеног и економског амбијента Републике Србије.

СИСТЕМ ВРЕДНОСТИ

Систем вредности ИАС заснива се на промовисању професионализма, академског понашања и поштовања високих етичких норми.

СУОРГАНІЗАТОРИ



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА

UNIVERSITY OF NOVI SAD
FACULTY OF TECHNICAL SCIENCES

Факултет техничких наука, основан 1960. године, једна је од најсавременије организација високообразовних институција у региону. Факултет је данас научно-образовна институција састављена од 13 департмана, 15 стручних служби и 38 научно-стручног центра. Лоциран је у неколико зграда и располаже са преко 35.000 м². Има око 1.200 запослених и око 16.000 студената. Факултет техничких наука изводи наставу на свим нивоима академских и струковних студија из следећих области високог образовања:

1. Машинско инжењерство
2. Електротехничко и рачунарско инжењерство
3. Грађевинско инжењерство
4. Саобраћајно инжењерство
5. Архитектура
6. Индустрijско инжењерство и инжењерски менаџмент
7. Инжењерство заштите животне средине и заштите на раду
8. Геодетско инжењерство

Интердисциплинарне студије:

1. Графичко инжењерство и дизајн
2. Мехатроника
3. Управљање ризиком од катастрофалних догађаја и пожара
4. Примењена математика
5. Рачунарска графика
6. Сценски дизајн
7. Биомедицинско инжењерство
8. Техничка механика
9. Енергетске технологије
10. Урбанизам и регионални развој
11. Третман и заштита вода
12. Инжењерство информационог система
13. Информациони инжењеринг

ВИСОКО МЕСТО У ДРУШТВУ НАЈБОЉИХ

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад
021/6350-413, 021/485-2222

The Faculty of Technical Sciences, which was established in 1960, is one of the best organized high-educational institutions in the region. Today, Faculty of Technical Sciences is scientific and educational institutions of 13 institutes/departments, 15 administrative sectors and 38 scientific technical centers. The Faculty is located within the University campus in several separate buildings of 35.000 m² in area, with about 1.200 employed personal and about 16.000 students. The Faculty of Technical Sciences offers the following profiles of high education:

1. Mechanical engineering
2. Electrical engineering and computing
3. Civil engineering
4. Traffic engineering
5. Architecture
6. Industrial engineering and engineering management
7. Environmental engineering and occupational safety engineering
8. Geodesy

Interdisciplinary studies:

1. Graphic engineering and design
2. Mechatronics
3. Disaster Risk Management and Fire Safety
4. Applied mathematics
5. Computer graphics
6. Scene design
7. Biomedical engineering
8. Technical Mechanics
9. Energy technologies
10. Urban planning and regional development
11. Watertreatment and protection engineering
12. Information Systems Engineering
13. Information Engineering

HIGH PLACE IN TOP SOCIETY

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад
021/6350-413, 021/485-2222



Универзитет у Новом Саду
Технички факултет “Михајло Пупин”
Зрењанин, Ђуре Ђаковића бб
www.tfzr.uns.ac.rs
Телефон: 023/550-515
dekanat@tfzr.rs



Технички факултет “Михајло Пупин” Зрењанин, као чланица Универзитета у Новом Саду, основан је 1974. године. Основна делатност Факултета јесте образовање студената за различите инжењерске профиле.

Дипломирани студенти Факултета су дали и дају велики подстицај привредном развоју града Зрењанина, Баната, али и других средина, а неки од њих су успешни на бројним универзитетима и у бројним компанијама широм света. Захваљујући преданом раду запослених наставника и сарадника, али и студената, Технички факултет “Михајло Пупин” Зрењанин има изражен допринос развоју и позиционирању Универзитета у Новом Саду на листама успешних универзитета у свету.

Данас се на Факултету реализују акредитовани студијски програми на сва три нивоа академских студија, који у потпуности одговарају изазовима савременог привредног и друштвеног окружења.



Основне академске студије:

- Информационе технологије
- Информационе технологије - софтверско инжењерство
- Машинско инжењерство
- Инжењерски менаџмент
- Одевно инжењерство
- Инжењерство заштите животне средине
- Индустијско инжењерство у експлоатацији нафте и гаса

Мајстер академске студије:

- Информационе технологије
- Информатика, техника и технологија у образовању
- Машинско инжењерство
- Инжењерски менаџмент
- Одевно инжењерство
- Индустијско инжењерство у експлоатацији нафте и гаса

Докторске академске студије:

- Информационе технологије
- Инжењерски менаџмент



INSTITUT ZA TEHNOLOGIJU NUKLEARNIH I DRUGIH MINERALNIH SIROVINA

B E O G R A D

ITNMS se bavi fundamentalnim, primenjenim i razvojnim istraživanjima do kompletnih tehničko-tehnoloških rešenja i razvojem i proizvodnjom novih materijala u domenu:

- ▶ tehnologija za pripremu i koncentraciju metaličnih, nemetalčnih i energetske sirovina,
- ▶ metalurških tehnologija,
- ▶ neorganske hemijske tehnologije,
- ▶ hemijske, elektrohemijske i mehanohemijske sinteze,
- ▶ hemijskog inženjerstva,
- ▶ zaštite i očuvanja životne sredine,
- ▶ hemijska, fizička, fizičko-hemijska, mineraloška ispitivanja,
- ▶ eksperimentalne proizvodnje, i uvođenja novih tehničko-tehnoloških rešenja u industriju.

Bulevar Franša d'Eperea 86, 11000 Beograd, ☎ 390, 📠 (011) 369-17-22,

☎ (011) 369-15-83

<http://www.itnms.ac.rs> - E-mail: itnms@itnms.ac.rs





CO₂



9 788682 563310

ISBN-978-86-82563-31-0