

**КОНФЕРЕНЦИЈА ВЕШТАЧКА  
ИНТЕЛИГЕНЦИЈА**

**КЊИГА АПСТРАКАТА**

**БЕОГРАД, 26.-27. ДЕЦЕМБАР 2023.**

## ПРОГРАМСКИ ОДБОР

### *Ко-председници:*

Владан Девеџић, САНУ, Београд и Факултет организационих наука, Универзитет у Београду  
Татјана Давидовић, Математички институт САНУ, Београд

### *Чланови:*

Мирјана Ивановић, Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду  
Данијела Милошевић, Факултет техничких наука у Чачку, Универзитет у Крагујевцу  
Душан Теодоровић, САНУ, Београд  
Слободан Вукосавић, Електротехнички факултет, Универзитет у Београду и САНУ Београд  
Зоран Огњановић, Математички институт САНУ, Београд  
Александар Костић, САНУ, Београд  
Јелена Јовановић, Факултет организационих наука, Универзитет у Београду  
Марија Митровић Данкулов, Институт за физику у Београду  
Предраг Јаничић, Математички факултет, Универзитет у Београду  
Леонид Стоименов, Електронски факултет, Универзитет у Нишу

### *Координатори програмских целина / Водитељи тематских блокова:*

Искуства: Миодраг Михаљевић, САНУ и Математички институт САНУ, Београд  
Истраживање: Игор Ђуровић, Црногорска академија наука и уметности (ЦАНУ), Подгорица  
Технологије: Бошко Николић, Електротехнички факултет, Универзитет у Београду  
Примене: Соња Димитријевић, Институт Михајло Пупин, Београд  
Импликације: Владимир Срдановић, Математички институт САНУ, Београд  
Млади истраживачи: Мирко Динуловић, Машински факултет, Универзитет у Београду

## ОРГАНИЗАЦИОНИ ОДБОР

### *Ко-председници:*

Андреја Тепавчевић, Математички институт САНУ, Београд и Природно-математички факултет,  
Универзитет у Новом Саду  
Миодраг Михаљевић, САНУ и Математички институт САНУ, Београд

### *Чланови:*

Биљана Грозданић, САНУ, Београд  
Александра Хрељац, САНУ, Београд  
Драган Јочић, Математички институт САНУ, Београд  
Биљана Стојановић, Математички институт САНУ, Београд  
Анђелка Зечевић, Математички институт САНУ, Београд  
Анастасија Жунић, Математички институт САНУ, Београд  
Радмила Јанковић Бабић, Математички институт САНУ, Београд  
Ана Анокић, Академија техничко-уметничких струковних студија, Београд  
Уна Станковић, Математички институт САНУ, Београд  
Слободан Јелић, Грађевински факултет, Универзитет у Београду  
Петар Вранић, Математички институт САНУ, Београд  
Божо Вуковић, Математички институт САНУ, Београд  
Милош Кошпрдић, АИ институт, Нови Сад  
Младен Зекић, Математички институт САНУ, Београд

## ОРГАНИЗАТОРИ

Одељење техничких наука САНУ, Београд



Математички институт САНУ, Београд



## Предговор

Конференција Вештачка интелигенција представља резултат жеље великог броја истраживача из области вештачке интелигенције у Србији да се под покровитељством најугледније српске научне институције, Српске академије наука и уметности (САНУ), организује скуп из ове области са превасходно истраживачком оријентацијом.

Циљ конференције је да привуче истраживаче из свих грана вештачке интелигенције из целе Србије да представе свој рад и резултате. Област вештачке интелигенције је данас не само јако популарна, већ и веома широка. Стога су и теме од интереса на овој конференцији изузетно бројне.

Поред истицања истраживачког карактера, значајне одлике ове конференције су:

- фокусирање искључиво на област вештачке интелигенције
- подстицање дискусија о основним аспектима вештачке интелигенције
- обраћање посебне пажње на нове теме у вештачкој интелигенцији
- повезивање техника и резултата из разних подобласти вештачке интелигенције
- окупљање великог броја истраживача из области вештачке интелигенције из Србије, како оних са искуством, тако и младих истраживача

За конференцију је пријављено 86 радова са свих релевантних универзитета и институција у Србији, на велики број тема из области вештачке интелигенције, од којих је 79 изабрано за презентацију на конференцији. Сваки апстракт су прегледала бар три рецензента и неки су прихваћени тек након друге ревизије.

Вештачка интелигенција, са својим свеprisутним утицајем на савремено друштво, захтева континуирано изучавање и аналитички приступ. Ова конференција је конципирана управо са таквом идејом – да омогући размену истраживачких идеја и искустава у овој широкој и комплексној области.

Организатори конференције се посебно залажу за стварање простора за младе и перспективне истраживаче. Кроз презентације и дискусије, млади таленти ће имати прилику да представе своје радове, добију драгоцене повратне информације од реномираних стручњака и успоставе контакте са будућим сарадницима. Верујемо да оваква интеракција између генерација представља кључ за континуирано напредовање изучавања вештачке интелигенције у Србији.

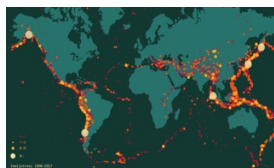
Организатори ове конференције из обе институције, Српске академије наука и уметности и Математичког института САНУ, дубоко су уверени у значај вештачке интелигенције за будућност многих активности у нашој земљи. Верујемо да ће истраживања и иновације у овој области допринети развоју економије, унапређењу здравства и образовања, као и отварању нових перспектива у науци, уметности и свим другим областима живота. Верујемо да заједничким напорима можемо утицати на даљи ток ове јако важне области, као и на унапређивање развоја знања, креативности и иновативности.

С поштовањем,  
Организатори конференције Вештачка интелигенција,

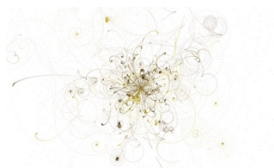
Одељење техничких наука САНУ  
Математички институт САНУ

Београд, децембар 2023. године

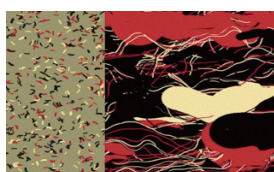
## Легенда:



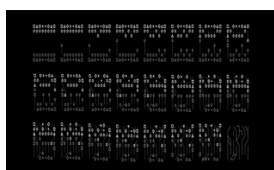
Безбедност



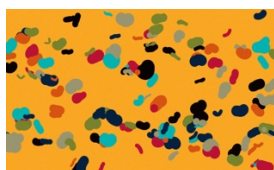
Вештачка интелигенција и енергетика



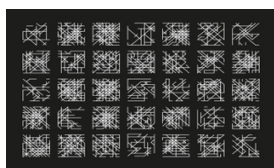
Вештачка интелигенција и етика / право



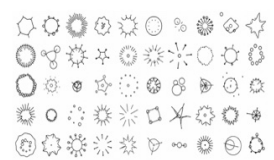
Вештачка интелигенција и инжењерство



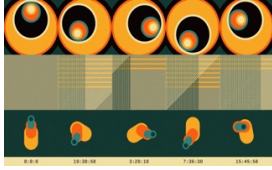
Вештачка интелигенција и медицина



Вештачка интелигенција и наука



Вештачка интелигенција и образовање



Вештачка интелигенција и софтвер



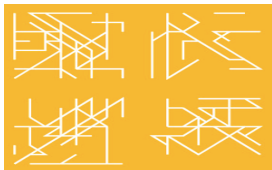
Вештачка интелигенција и финансије



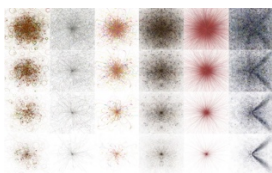
Екологија и пољопривреда



Језички модели



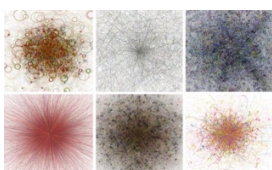
Обрада природног језика



Рачунарска визија

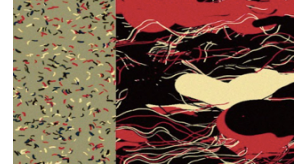


Резоновање



Теорија вештачке интелигенције

## **УВОДНА ПРЕДАВАЊА**



Вештачка интелигенција  
и етика / право

## Вештачка интелигенција и право

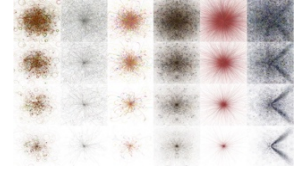
Стеван Гостојић<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, [gostojic@uns.ac.rs](mailto:gostojic@uns.ac.rs)

**Апстракт.** Вештачка интелигенција је постала кључна технологија, која проналази све више примена у различитим областима људске делатности. Иако алати за подршку правним професијама, који користе технике вештачке интелигенције, постоје дуги низ година, ефектност тих алата донедавно није била на задовољавајућем нивоу. Поред тога, правници су традиционално опрезнији у односу на друге професије и спорије уводе у употребу нове технологије и пословне моделе. Многи аутори сматрају да је дошло до преломног тренутка у коме развој вештачке интелигенције са једне стране, и промене на тржишту правних услуга са друге стране, доводе до квалитативних промена у правним професијама. У овом излагању биће дат кратак преглед техника и алата вештачке интелигенције за решавање правних задатака и могућности које они пружају у пракси, изазова у вези са применом техника и алата вештачке интелигенције у праву и биће пружене препоруке које могу да утичу на развој техника и алата вештачке интелигенција и на доношење прописа који регулишу њихову употребу, да би се осигурала етичка и ефективна употреба вештачке интелигенције.

**Кључне речи:** вештачка интелигенција, право





Рачунарска визија

## Шта следеће можемо да очекујемо од вештачке интелигенције?

Бранислав Кисачанин<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> NVIDIA

<sup>2</sup> Истраживачко-развојни институт за вештачку интелигенцију Србије,  
brislav.kisacanin@ivi.ac.rs

**Апстракт.** У овом предавању чућемо о томе где се вештачка интелигенција већ свакодневно примењује, као и о најновијим научним открићима и применама ове нове технологије. Предвиђања су незахвална, али пробаћемо да екстраполирамо најјаче трендове и укажемо на могуће нове примене у блиској будућности.

**Кључне речи:** вештачка интелигенција, машинско учење



Обрада природног језика

## Речима до срца: анализа емоција и сентимента

Улфета А. Маровац<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Државни универзитет у Новом Пазару, umarovac@np.ac.rs

**Апстракт.** Емоције представљају реакције људи на различите догађаје и играју кључну улогу у људском искуству. Ове емоционалне реакције су од суштинског значаја за комуникацију, доношење одлука и обликовање међуљудских односа. Људи користе језик како би описали своје мисли, осећања и емоције, омогућавајући им да се изразе и размене своје унутарње доживљаје са другима. Откривање емоција је значајно јер оне често служе као мотивација за предузимање одређених акција, утичу на квалитет доношења одлука и побољшавају квалитет комуникације, омогућавајући нам да пренесемо своје ставове, жеље и потребе другима. У савременом дигиталном добу, све више људи користи друштвене мреже и различите облике електронске комуникације како би изразили своје емоције. Иако се ове емоције често изражавају путем слика, видеа и других мултимедијалних формата, текст остаје преваходно средство за преношење емоционалних информација. Као резултат тога, постоји обиље неструктурираних текстуалних података на интернету који садрже драгоцене информације о емоцијама, ставовима и аспектима који су изражени кроз писане речи.

Сентимент анализа је процес којим се одређује и квантификује емоционални тон, став или сентимент изражен у текстуалним или вербалним комуникацијама. Фокус сентимент анализе може бити на одређивање поларитета текста (позитиван, негативан и неутралан) али могу се детектовати и специфична осећања и емоције (љутња, срећа, туга и друге). Сентимент анализа може се истраживати на неколико нивоа: на целом документу, на нивоу реченице и на нивоу аспекта. Овај приступ омогућава анализу емоција и сентимента у текстуалним подацима на различитим грануларностима, од ширег сентимента целог документа до специфичних аспеката или тема унутар текста. Да би се извршила сентимент анализа, често су потребни одређени лексички ресурси, као што су речници сентимента и емоција, алати за обраду негације, стилских фигура и друге језичке елементе који могу указивати на емоције или тон текста. Трансферно учење (transfer learning) је напредна техника у области вештачке интелигенције која омогућава претходно обученом моделу да пренесе своје знање на нови модел. Ово је посебно корисно у сентимент анализи, јер омогућава коришћење претходно обучених модела на већим и разноврснијим скуповима података како би се класификовали сентименти у новим подацима. Трансферно учење може бити веома ефикасно, посебно када немате велике етикетиране скуповете података, јер се знање пренето из претходног модела може искористити за бољу анализу сентимента у новим контекстима.

У овом излагању биће описани нивои анализе сентимента и различите методе у анализи сентимента и откривању емоција. Биће приказани изазови у анализи сентимента докумената на српском језику.

Откривањем ставова, осећања и емоција добијају се подаци из којих се могу доносити закључци о менталном здрављу. На крају ће бити представљен модел детекције менталних болести анализом емоција.

**Кључне речи:** процесирање природних језика, сентимент анализа, откривање емоција, класификација текста



Језички модели

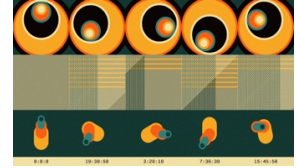
## Дигитални пут српског језика: ресурси, модели и технологије

Ранка Станковић<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду, ranka.stankovic@rgf.bg.ac.rs

**Апстракт.** Излагањем ће се дати преглед актуелних трендова у истраживањима области и разумевања природних језика, са фокусом на српски језик и његову спремност за дигитално доба. Језичке технологије су значајно напредовале, користећи технике машинског и дубоког учења, првенствено рекурентне неуронске мреже и трансформере. Аутоматска анализа и обележавање текста на природном језику, граматичким и семантичким информацијама, сада већ спадају у пред-обраду текста која омогућава развој напредних апликација за аутоматско превођење, генерисање текста, одговарање на питања, анализу ставова и емоција у тексту, екстракцију информација и препознавање говора мржње. Српски језик се бори да пристигне значајан заостатак за такозваним "великим" језицима, када су у питању ресурси и алати за језичке технологије. Излагање ће се осврнути на најзначајнија истраживања везана за изградњу ресурса за српски језик, њихову доступност и могуће правце примене. Посебна пажња ће се дати језичким моделима различитих намена, платформама и могућностима интеграције у конкретна апликативна решења. Коначно, истаћи ће се приоритети будућих истраживања и идентификовати који ресурси и какви језички модели недостају, потом и дискутовати технолошка решења која се могу ослонити на језичке ресурсе и моделе.

**Кључне речи:** обрада природних језика, разумевање природних језика, ресурси за обраду природних језика, језички модели, језичке технологије



Вештачка интелигенција  
и софтвер

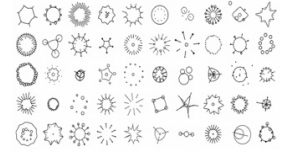
## Исправка програма вођена статичком анализом

Павле Суботић<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fantom Foundation, psubotic@fantom.foundation, psubotic@gmail.com

**Апстракт.** До недавно, анализа програма представљана је као проблем логичког програмирања који користи дедуктивно закључивање ради аутоматског (са математичким гаранцијама) откривања грешака у програмима. Међутим, кориснику није увијек јасно где је узрок грешке и како се може поправити. У овом излагању ћу говорити о низу истраживања који имају за циљ да аутоматски објасне узрок грешака и коначно пруже предлоге за поправку. Методе представљене у овом излагању имају за циљ да буду примењене на индустријске величине програма распоређене у CI/CD цевоводима (pipelines). Резултати овог истраживања презентовани су на конференцијама укључујући POPL, PADL i ESEC/FSE.

**Кључне речи:** анализа програма, исправка програма, логика



Вештачка интелигенција  
и образовање

## Искуства из области вештачке интелигенције у образовању кадрова и примени у привреди

Душан Сурла<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Универзитет у Новом Саду, [surla@uns.ac.rs](mailto:surla@uns.ac.rs)

**Апстракт.** Докторске студије из области Вештачке Интелигенције (ВИ) играју кључну улогу у развоју и примени ВИ широм света. Биће анализирани програми ових студија на универзитетима у Србији. Биће дат осврт и на мастер програме из области ВИ. Примена ВИ у фирмама чија је делатност Информационе Технологије (ИТ) је у сталном порасту. ВИ се користи за решавање различитих проблема. Биће приказана и нека искуства ИТ фирми које раде у Србији.

Примена ВИ у привреди доноси бројне предности и резултате. Сектори за развој и примену ВИ често су део одељења за истраживање и развој (R&D) или посебних тимова посвећених вештачкој интелигенцији. Биће дат осврт и на окружења која су усмерена на решавање специфичних проблема у привреди помоћу ВИ.

**Кључне речи:** вештачка интелигенција, докторске и мастер студије из области вештачке интелигенције, примена вештачке интелигенције

## **ЗБОРНИК АПСТРАКАТА**



Вештачка интелигенција  
и медицина

## Класификација биомедицинских података у циљу предикције болести у трудноћи

Алдина Р. Авдић<sup>1</sup>, Улфета А. Маровац<sup>1</sup>, Наташа З. Ђорђевић<sup>2</sup>, Лејлија М. Мемич<sup>1</sup>, Зана Ђ. Долићанин<sup>3</sup>, Горан М. Бабић<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Департман за техничко-технолошке науке, Државни универзитет у Новом Пазару, arljaskovic@nr.ac.rs, umarovac@nr.ac.rs, lmemic@nr.ac.rs

<sup>2</sup>Департман за природно-математичке науке, Државни универзитет у Новом Пазару

<sup>3</sup>Департман за биомедицинске науке, Државни универзитет у Новом Пазару

<sup>4</sup>Факултет медицинских наука, Универзитет у Крагујевцу

**Апстракт.** Пре употребе метода машинског учења на великим скуповима података, са пуно атрибута, веома је важно одабрати оне критичне, смањити величину података и добити прецизније резултате. У овом раду, примењене су методе за екстракцију атрибута и приказана је класификација биомедицинског скупа података са 62 почетна обележја (демографски и клинички), пре и након примене екстракције атрибута.

У истраживање су укључене четири групе трудница: 1) здраве труднице (контролна група); 2) жене са прееклампсијом; 3) труднице са тромбофилијом; 4) жене са гестациским дијабетесом контролисане исхраном. У овом раду приказани су резултати метода машинског учења за 4-класну класификацију и за бинарну класификацију (случајне шуме (РФ), метода потпорних вектора (СВМ), неуронске мреже (НН), к најближих суседа (КНН), стабло одлучивања (ДТ) и наивни Бајес (НБ)) на описаном скупу биомедицинских података (65 пацијената). Приказани су резултати класификације када су коришћене све карактеристике и само десет најважнијих. За екстракцију атрибута коришћена је СелектКБест метода, уз коришћење хи квадрат статистичког теста за категоричке (демографске) и АНОВА теста за нумеричке (клиничке) податке. Имплементација предложених метода машинског учења извршена је коришћењем Пајтона и одговарајућих МЛ пакета. За упоређивање резултата класификације коришћене су метрике: прецизност, одзив, Ф1-мера и тачност.

Добијено је првих 10 карактеристика из 25 демографских обележја и њихових оцена (спонтани абортус 23,52, број деце 7,51, број браће/сестара 6,93, редни број трудница 5,21, број година везе 2,86, број особа у домаћинству 2,64, пушење пре труднице 1,99, пушење у трудноћи 1,35, близина родног места 0,96, стамбена зграда 0,70). Затим је добијено 10 најбољих од 37 биолошких карактеристика и њихови резултати (ЛЕ урин 417,86, ПЛТ 238,76, ЕФВ 146,19, ТА систолни 28,75, ТА дијастолни 21,81, хемоглобин 3,58, повећање телесне 2.95, тежина мајке 2.67, ПС 2.64, Уреа 2.62). Најбољи резултати класификације и за



демографске и за биолошке карактеристике добијају се коришћењем 10 најбољих издвојених обележја (највећа тачност класификације у 4 класе је КНН 70%, а бинаране РФ 94%, за биомедицинске податке), док је најнижа тачност је код класификације у 4 класе свих демографских обележја НБ алгоритмом и износи 25%.

**Кључне речи:** машинско учење, екстракција атрибута, класификација биомедицинских података



Обрада природног језика

## Аутоматско означавање медицинских података на српском језику за потребе сервиса паметног здравства

Алдина Р. Авдић<sup>1</sup>, Улфета А. Маровац<sup>1</sup>, Драган С. Јанковић<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Департаман за техничко-технолошке науке, Државни универзитет у Новом Пазару, [arljaskovic@np.ac.rs](mailto:arljaskovic@np.ac.rs), [umarovac@np.ac.rs](mailto:umarovac@np.ac.rs)

<sup>2</sup> Електронски факултет, Универзитет у Нишу

**Апстракт.** У медицинским информационим системима се свакодневно сакупља велики број електронских медицинских записа (ЕМР), који се састоје од структурираног и неструктурираног дела. Неструктурирани део ЕМР-ова садржи белешке лекара написане на природном језику. Анализом овог дела медицинских извештаја могу се добити битне информације које могу унапредити здравље становништва (нпр. најважнији симптоми у времену епидемија, аутоматски одговори на питања пацијената и сл.). У овом раду приказане су методе за нормализацију, обележавање и класификацију термина на српском језику, као предуслов за успешну реализацију ових сервиса паметног здравства.

Из медицинских центара града Ниша у Србији коришћена су два скупа података. Примарни скуп података садржи 2212 медицинских извештаја. Контролни скуп података састоји се од 2000 медицинских извештаја са десет различитих врста дијагноза које се користе за валидацију резултата. У примарном скупу, свим дијагнозама је додељен код Б05, док је други скуп састављен од ЕМР-а који су спојени са 10 различитих дијагноза равномерно распоређених у скупу.

Приказана је метода за нормализацију медицинских термина на српском језику, као и три методе за аутоматско обележавање (класификацију) термина на српском језику за потребе паметног здравства. Прикупљени су ресурси и креирани речници. Једна од метода базирана је на овим ресурсима, а друге две на машинском учењу. Једна од метода машинског учења садржи и додатна правила, која су се показала кључним за добијање добрих резултата класификације. Поред предложених метода, приказани су и резултати постојећих метода (ТрееТаггер-а, НБ, ЛР, СВМ и РФ).

Резултати тачности методе за нормализацију медицинских термина су преко 80%, а резултати тачности за класификацију медицинских термина прелазе 90%. Приказани су и резултати ТрееТаггер-а, НБ, ЛР, СВМ и РФ класификације, чија тачност на датом скупу не прелази 80%. Поред тачности, приказане су и мере прецизност, одзив и Ф1-мера.

Резултати истраживања показују да добра анализа скупа података истиче битне карактеристике домена из ког долазе документи, и донети закључци могу се искористити за уочавање правила која могу донети до побољшања перформанси класификације. Анализа медицинских података може да допринесе креирању сервиса паметног здравства,

али и побољшању интерних сервиса. ЕХР-ови се могу уносити уз могућност исправке грешака, али и различите статистике могу се извући из структурираног медицинског текста.

**Кључне речи:** аутоматско означавање, класификација медицинског текста, процесирање природних језика, сервиси паметног здравства



Екологија и пољопривреда

## Transfer learning approach based on satellite image time series for the crop classification problem\*

Ognjen Antonijević<sup>1</sup>, Slobodan Jelić<sup>1</sup>, Branislav Bajat<sup>1</sup>, Milan Kilibarda<sup>1</sup>

<sup>1</sup> University of Belgrade, Faculty of Civil Engineering, Department of Geodesy and Geoinformatics, oantonijevic@grf.bg.ac.rs; sjelic@grf.bg.ac.rs; bajat@grf.bg.ac.rs; kili@grf.bg.ac.rs

**Abstract.** The work presents a transfer learning approach to the crop classification problem based on time series of images from the Sentinel-2 dataset labeled for two regions: Brittany (France) and Vojvodina (Serbia). During data preprocessing, cloudy images are removed, the time series are interpolated over the time dimension, and additional remote sensing indices are calculated. We chose TransformerEncoder as the base model for knowledge transfer from source to target domain with French and Serbian data, respectively. Even more, the accuracy of the model trained and evaluated on the French dataset is improved by 2% when the preprocessing step is applied to the data. The same model was trained and evaluated on Serbian data and compared against different transfer learning approaches (with varying number of frozen layers): feature extraction, partial fine-tuning, and full fine-tuning. The transfer learning approach with fine-tuning of the pre-trained weights on the French dataset outperformed all other methods in terms of overall accuracy 0.94 and mean class recall 0.907 on the Serbian dataset. Our partially fine-tuned model improved recall of crop types that were poorly classified by the base model. In the case of sugar beet, class recall is improved by 85.71%.

**Keywords:** Transfer learning, Remote sensing, Encoder–decoder architecture, Domain adaptation, Crop classification, Attention mechanism

\*This work was originally published in Journal of Big Data:

Antonijević, O., Jelić, S., Bajat, B. et al. Transfer learning approach based on satellite image time series for the crop classification problem. *J Big Data* 10, 54 (2023). <https://doi.org/10.1186/s40537-023-00735-2>



Екологија и пољопривреда

## Класификација земљишног покривача помоћу сателитских снимака

Карло Бала<sup>1</sup>, Дубравко Ћулибрк<sup>1,2</sup>, Микеле Бандеки (Michele Bandecchi)<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Истраживачко-развојни институт за вештачку интелигенцију Србије, Фрушкогорска 1, 21000 Нови Сад, karlo.bala@ivi.ac.rs, dubravko.culibrk@ivi.ac.rs

<sup>2</sup> Смарт клауд фарминг Гмбх, Берлин, Немачка, bandecchi@smartcloudfarming.com

**Апстракт.** Класификација земљишног покривача подразумева процес категоризације и мапирања различитих врста покривача земље у одређеном подручју. Ова класификација обично се темељи на анализи сателитских или ваздушних снимака. Основни циљ класификације је пружање корисних информација о дистрибуцији различитих врста покривача које се могу користити у сврхе као што су урбанистичко и пољопривредно планирање, мониторинг околине, управљање ресурсима, очување биолошке разноликости, процена катастрофа и слично.

Развој робустних метода за класификацију земљишног покривача коришћењем сателитских снимака и даље је изазовно истраживачко питање са широким апликацијама. У овом истраживању као улазни подаци користе се вишеспектрални снимци са Сентинел-2 сателита, док се за њихову обраду и сегментацију користи У-нет архитектура дубоког учења. За обучавање модела коришћена је база која садржи комплетне податке о покривености земљишта за територију Словеније као и придружене сателитске снимке. Како би се побољшала прецизност класификације модел има могућност прихватања до осам различитих сателитских снимака са истог подручја, који се насумично бирају током процеса обучавања.

Током порицеса обучавања и тестирања коришћени су модели који имају могућност прихватања једног, два, четири или осам сателитских снимака, као и различитих димензија улазних и излазних снимака, те различитог броја филтера. У сврху евалуације модела на целом скупу тест података коришћене су метрике: тачност и Ф1, док су на појединачним категоријама корићене још и метрике: прецизност и одзив. Као најбољи показао се модел који на улазу прихвата осам сателитских снимака димензија 48 пута 48 пиксела и враћа слику димензија 32 пута 32 пиксела. На скупу за обучавање модел је постигао тачност од 90.57% и Ф1: 90.35, док је на скупу за тестирање постигнута тачност од 88.69% и Ф1: 88.34.

Ограничења тестираних модела су у складу са квалитетом доступних података о земљишном покривачу као и резолуцијом Сентинел-2 сателита. Тестирани модели нису могли да науче добру репрезентацију класа за које постоји веома мало примера у скупу података, нити поуздано могу идентификовати карактеристике које су знатно мање од сто квадратних метара колика је димензија једног пиксела Сентинел-2 сателита.

**Кључне речи:** вештачка интелигенција, машинско учење, дубоко учење, класификација, земљишни покривач



Екологија и пољопривреда

## Трансформација одређивања влажности земљишта: Виртуелни сензори подржани дубоким учењем

Карло Бала<sup>1</sup>, Дубравко Ђулибрк<sup>1,2</sup>, Микеле Бандеки (Michele Bandecchi)<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Истраживачко-развојни институт за вештачку интелигенцију Србије, Фрушкогорска 1, 21000 Нови Сад, karlo.bala@ivi.ac.rs, dubravko.culibrk@ivi.ac.rs

<sup>2</sup> Смарт клауд фарминг Гмбх, Берлин, Немачка, bandecchi@smartcloudfarming.com

**Апстракт.** Влажност земљишта игра кључну улогу у различитим еколошким процесима, укључујући раст биљака, хидролошке циклусе и динамику климе, заузимајући значајно место у пољопривреди, метеорологији, управљању катастрофама као и другим доменима. За одређивање влажности земљишта користе се различите методе, попут гравиметријских, мерења електричне проводљивости, диелектричне спектроскопије и хардверских сензора постављених директно у земљиште.

Ово истраживање има за циљ прелазак са конвенционалних хардверских сензора за детекцију влажности земљишта на виртуелне замене на подручјима где није могуће поставити хардверске сензоре или је тај процес превише скуп. Виртуелни сензори представљени у овом раду базирају се на машинском учењу и дубоком моделу неуралних мрежа.

Подаци коришћени за истраживање преузети су из базе Међународне мреже за влажност земљишта (ИСМН) и њене две подрмреже: Мреже за анализу климе тла (СЦАН) и Америчке референтне мреже за климу (УСЦРН). За обучавање и тестирање коришћени су подаци са укупно 279 метеоролошких станица распоређених на целој територији Сједињених Америчких Држава. Од података на располагању су статичке особине земљишта попут сатурације, процента песка, глине, муља и органског угљеника као и надморске висине, географске ширине и дужине. Од динамичких података доступне су количина падавина, температура ваздуха и влажност земљишта на дубинама од 5 до 150 центиметара који су мерени у интервалима од по сат времена.

Предложени модел неуронских мрежа састоји се од комбинације потпуно повезаних слојева који се користе за обраду статичких и конволутивних слојева задужених за обраду динамичких података. Излазни слој састоји се од четири неурона који представљају влажност земљишта на дубинама од 5, 10, 20 и 50 центиметара. Скуп за обучавање садржи податке са 70% метеоролошких станица, док се у скупу за тестирање налазе подаци са преосталих 30% станица. За евалуацију модела коришћене су метрике: МСЕ, РМСЕ, МАЕ и  $R^2$ . Најбољи резултати на тест скупу постигнути су на малим дубинама од 5 центиметара где је вредност метрике  $R^2 = 0.56$ , док се најлошији резултат добија на дубинама од 50 центиметера  $R^2 = 0.39$ .

Квалитет генерализације модела ограничен је малим бројем метеоролошких станица на великој територији као и недовољно прецизним статичким подацима. Да би се са сигурнишћу одредио квалитет приступа неопходно је коришћење већег скупа података.

**Кључне речи:** вештачка интелигенција, машинско учење, дубоко учење, класификација, земљишни покривач





Језички модели

## Програмирање са подршком вештачке интелигенције: Коришћење ChatGPT-а као подршке за генерисање кода

Карло Бала<sup>1</sup>, Велибор Илић<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Истраживачко-развојни институт за вештачку интелигенцију Србије, Фрушкогорска 1, 21000 Нови Сад, karlo.bala@ivi.ac.rs, velibor.ilic@ivi.ac.rs

**Апстракт.** Пејзаж константно еволуирајућег софтверског развоја сведочи о великој потражњи за ефикасним и иновативним софтверским решењима. Са све већом комплексношћу софтверских система, програмери се суочавају са изазовним задатком превођења сложених дизајнерских концепата у функционалан код. У овом динамичном окружењу, вештачка интелигенција (ВИ) се појављује као трансформишућа снага, нудећи нове начине побољшања продуктивности и подстицања креативности.

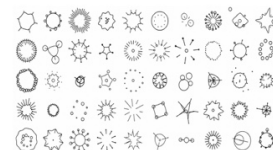
Овај рад се фокусира на укрштање вештачке интелигенције и програмирања, са нагласком на ChatGPT моделу обраде природног језика најновије генерације, као моћном алату за генерисање кода. ChatGPT представља значајну прекретницу у генеративној вештачкој интелигенцији способној да разуме и генерише текст сличан људском. Коришћењем могућности ChatGPT-а програмери добијају приступ свестраном помоћнику који олакшава креирање кода, убрзава циклусе развоја и смањује потребу за ручним кодирањем.

Примена ChatGPT-а у програмирању поједностављује процес кодирања, омогућавајући програмерима да ефикасно пренесу идеје у извршни код. Овај рад истражује како ChatGPT помаже програмерима, побољшава квалитет кода и подстиче иновације. Рад пружа стварне примере кода генерисаног од стране ChatGPT-а у различите сврхе и описује итеративни процес развоја за усавршавање кода.

Интеграција ChatGPT-а у програмирање обећава унапређену продуктивност, ефикасност и иновације, али захтева континуирану повратну информацију и етичка разматрања како би се осигурало да генерисани код одговара стандардима квалитета.

Закључно, ChatGPT представља трансформациони алат у развоју софтвера који омогућава програмерима да искористе снагу вештачке интелигенције за писање функционалног, елегантног и иновативног кода. Будућност програмирања базираног на вештачкој интелигенцији је област истраживања, иновација и сарадње, при чему ChatGPT предњачи.

**Кључне речи:** вештачка интелигенција, генерисање кода, развој софтвера, процесирање природног језика, генеративна вештачка интелигенција, итеративни развој



Вештачка интелигенција  
и образовање

## Raising Skynet: Perspectives of an AI-educational Ethics

Bojan Blagojević<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Filozofski fakultet Univerziteta u Nišu, bojan.blagojevic@filfak.ni.ac.rs

**Abstract:** Ever since MIT's Norman and Deep Empathy, the profound impact of unexamined biases in AI research has become apparent. Beyond extreme cases like the "psychopathic" Norman, broader concerns surface, ranging from accusations of AI being labeled "too liberal" or "leftist" to claims of it being "racist" or "sexist." This presentation seeks to move beyond conventional narratives and focuses on the overlooked responsibility associated with shaping the moral identity of AI, extending beyond anthropocentric considerations.

Central to this exploration is the detailed examination of three key aspects: embodiment, sensitivity to pain/pleasure, and personhood within the AI context.

**Embodiment:** In the realm of AI, embodiment raises questions about the nature of AI's interaction with the physical world. The extent to which AI is grounded in physical form or whether it exists purely in a virtual domain impacts its ethical considerations. Understanding and defining the boundaries of AI's embodiment are crucial for establishing its moral standing.

**Sensitivity to pain/pleasure:** The capacity of AI to perceive and respond to stimuli, particularly in terms of pain and pleasure, introduces complex ethical dimensions. Assessing the ethical implications of AI's ability to experience or simulate sensations becomes paramount. It prompts an exploration of the responsibilities tied to AI's potential to influence or be influenced by positive and negative experiences.

**Personhood:** The concept of personhood in the context of AI involves the recognition of AI entities as individuals with distinct attributes, rights, and moral considerations. Determining the criteria for personhood in AI and how it aligns with or diverges from human personhood establishes the foundation for ethical frameworks.

These considerations contribute to a nuanced understanding of the moral status of AI. By addressing the intricacies of embodiment, sensitivity, and personhood, we aim to lay the groundwork for an AI-educational ethics that navigates the specific challenges and opportunities inherent in the ethical development of artificial intelligence.

**Keywords:** AI ethics, Education, Responsibility, Moral Status



Безбедност

## Removing pulse rate information from facial videos for preserving privacy using computer vision

Vukasin Bozic<sup>1</sup>, Björn Braun<sup>2</sup>, Andreas Fender<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ETH Zürich, vbozic@student.ethz.ch

<sup>2</sup> Sensing and Perception Lab, ETH Zürich, bjoern.braun@inf.ethz.ch

<sup>3</sup> Hahn-Schickard, University of Freiburg

**Abstract.** Remote photoplethysmography (rPPG) is a contactless method for the remote measurement of the blood volume pulse from the video of a person's face, which further could be used to estimate heart rate and heart rate variability. Since these physiological signals represent private information, advancements in this field raise concerns about compromising this data and privacy issues to which this may lead. Thus, ways of concealing or removing the rPPG signal were much needed.

To counter the methods for extraction of this signal, a video editing methods were introduced which efficiently modify the face areas of a video from where the rPPG signal is estimated and replace the original signal with a dummy one, that way concealing it. In this work, one of the most prominent methods was modified and extended, its performance in different settings and overall limitations were inspected. Experimental results show the versatility of the given technique, achieving state-of-art quality of rPPG removal while extending its possible applications in different scenarios. On top of that, the dataset for further improvements and training of novel end-to-end architectures for rPPG signal removal was created.

The baseline approach in this study leverages gradient descent, a standard tool in machine learning. Unlike conventional applications, where gradient descent optimizes model parameters using multiple data examples, our approach optimizes the input—original facial video containing the rPPG signal—while keeping the model fixed. Specifically, the method aims to insert a chosen dummy target rPPG signal, typically a sinusoid within the natural pulse rate range (50-120 Hz), into the video. The objective is to replace the original rPPG signal without introducing significant degradation or artifacts, preserving the video's original appearance and quality.

Central to the methodology is the rPPG extractor, employing a deep convolutional neural network for signal extraction. The optimization process involves a two-fold loss function: the negative Pearson coefficient between the extracted and target rPPG signals, and the L2 norm loss between the unmodified original and a modified video. This combined loss guides the gradient descent updates to gradually modify the input video, changing the extracted rPPG signal while preserving the original video's appearance. This process is repeated in multiple iterations, where the rPPG signal from a video is being extracted anew after every update to enable comparison with the target one, two-fold loss is being calculated and the gradient updates are being propagated to the video. The modification process is run for every example video individually,

and it is proven to be robust across various situations and settings, after being tested on a dataset containing more than 120 various facial videos.

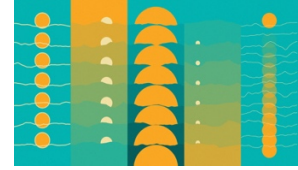
Several innovations of our work contribute to the method's robustness and versatility. The introduction of a masking operation, utilizing a deep convolutional network for image segmentation, confines frame updates to the facial region. This targeted approach prevents modifications to background pixels that are irrelevant to rPPG signal extraction, minimizing the introduction of flickering or other artifacts.

Moreover, the study explores different rPPG extractors to identify the optimal one for the specified use case. Attention-based rPPG extractors demonstrate improvements in signal estimation quality and running speed, enhancing the overall algorithm's efficiency.

An extensive ablation study examines various dummy target signals used for extraction, expanding the set beyond the standard 120 Hz sinusoid to include sinusoids of random frequencies, Gaussian signals, and even real rPPG signals from other individuals. This diversification makes the method more versatile and significantly heightens the difficulty of detecting rPPG modifications in a video.

Finally, the study contributes a first-of-its-kind dataset comprising 250 pairs of original and rPPG-modified videos. This dataset is instrumental for training end-to-end methods, paving the way for future advancements in the field. These end-to-end methods, designed for real-time applications, hold potential for deployment in flagship video-calling applications, enhancing privacy and safeguarding sensitive cardiac medical data from potential theft.

**Keywords:** Machine Learning, Computer Vision, Remote Photoplethysmography (rPPG), Privacy and Security



Вештачка интелигенција  
и финансије

## Одређивање значајности атрибута у процесу процене вредности непокретности

Станислава Босиочић<sup>1</sup>, Милева Самарџић-Петровић<sup>2</sup>, Младен Шошкић<sup>3</sup>, Небојша Босиочић<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Академија техничко-уметничких струковних студија Београд, Одсек Висока грађевинско-геодетска школа, stanislavabosiocic@vggs.rs

<sup>2</sup> Универзитет у Београду, Грађевински факултет, mimas@grf.bg.ac.rs

<sup>3</sup> Универзитет у Београду, Грађевински факултет, mladens@grf.bg.ac.rs

<sup>4</sup> RUN Consulting, Београд, it@runcons.rs

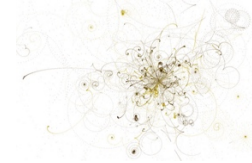
**Апстракт.** У последњих неколико година, у Републици Србији због разноврсне и интензивне станоградње, комплексности стања власничке евиденције непокретности и услова куповине, као и просторне нехомогености, процена вредности станова представља један од изазовнијих задатака. Како је потенцијал примена техника машинског учења у процесу процене вредности непокретности приказан у научним радовима публикованим у последњих неколико година, у овом истраживању примењене су методе машинског учења, и то надгледано учење – регресија, као једно од предложених решења у процењивачкој пракси некретнина у Србији, на примеру процене цене станова у граду Београду. Самој примени метода машинског учења претходи између осталог анализа података и избор најзначајнијих атрибута, који су узети у обзир за процену цене станова, што ће бити и приказано у овом раду.

Подаци који су коришћени као улаз за модел су преузети са интернет сајтова о некретнинама и укључују структурне и геопросторне податке о становима. Прикупљено је више од 8000 узорака на подручју Београда, са иницијално 60 атрибута. Над иницијалним скупом података извршена је анализа, елиминација станова са некомплетним и нетачним подацима и припрема података.

На цену некретнине у великој мери утиче локација некретнине (искуства проценитеља до 25%). Утицај локације се огледа у атрибутима положаја некретнине у насељу и атрибутима удаљености до инфраструктурних и атрактивних објеката. На основу доступних геопросторних података, скупу атрибута су додати и атрибути доступности таквим објектима (удаљеност до реке, школе, ...).

Након тога је извршен избор значајних атрибута из скупа података, коришћењем неколико метода, метода за рангирање (InfoGain и Gain Ratio) и метода за одређивање подскупа значајних атрибута (Correlation Based Feature Selection-CFS). У циљу одабира најзначајнијих атрибута у случају примене метода за рангирање коришћена је рекурзивна елиминациона метода, што је резултирало избором 11 атрибута.

**Кључне речи:** процена цене станова, машинско учење, избор атрибута



Вештачка интелигенција  
и енергетика

## Примена DMD алгоритма у инжењерским прорачунима

Петар Бошковић

Машински факултет, Универзитет у Београду, petar.boskovic.ac@gmail.com

**Апстракт.** Овај рад представља компаративну анализу методе декомпозиције динамичких режима (енг. *Dynamic Mode Decomposition - DMD*) у односу на анализу главних компоненти (енг. *Principal Component Analysis - PCA*) при изучавању динамичких система. *DMD* показује супериорну ефикасност у хватању и карактеризацији темпоралне еволуције динамичких процеса. Могућност *DMD*-а да издвоји кохерентне просторно-временске обрасце чини га посебно ефикасним за системе са комплексном и променљивом динамиком. Ове карактеристике су издвојене и распоређене према њиховој важности у репрезентацији динамике система. Овај обогаћен скуп карактеристика има потенцијал да повећа тачност и робусност модела машинског учења, посебно у задацима који укључују временски зависне податке. Проширујући ову основу, улазимо у област компримованих техника декомпозиције динамичких режима – *csDMD* (енг. *Compressed Sensing Dynamic Mode Decomposition*) и *csDMD* (енг. *Compressed Sensing Dynamic Mode Decomposition*). Применом ових техника постиже се смањена димензионалност података док се истовремено чувају најважније информације.

У закључку, овај рад потврђује *DMD* као супериорно средство за истраживање динамичких система у поређењу са *PCA*-ом. Такође уводи компримоване варијанте *csDMD* и *csDMD* као ефикасне алтернативе. Поред тога, ове технике представљају перспективну методологију за унапређење обуке модела машинског учења као и развоја стратегија контроле динамичких система.

**Кључне речи:** декомпозиција динамичких режима, анализа главних компоненти, анализа вођена подацима, компресија података, машинско учење, нелинеарна динамика, високодимензионални подаци, анализа временских серија података.



Обрада природног језика

## Аутоматско препознавање говора на српском језику базирано на дубоком учењу

Владимир Винцан<sup>1</sup>, Огњен Кундачина<sup>1</sup>, Драгиша Мишковић<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Истраживачко-развојни институт за вештачку интелигенцију Србије, vladimir.vincan@ivi.ac.rs

<sup>1</sup> Истраживачко-развојни институт за вештачку интелигенцију Србије, ognjen.kundacina@ivi.ac.rs

<sup>1</sup> Истраживачко-развојни институт за вештачку интелигенцију Србије, dragisa.miskovic@ivi.ac.rs

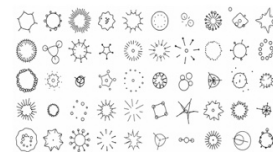
**Апстракт.** Предмет овог рада је развој модела за аутоматско препознавање говора на српском језику базираног на дубоком учењу. За те потребе, креирали смо колекцију података која обухвата 25 гигабајта аудио снимака (отприлике 24 сата снимљеног аудио материјала), опремљених одговарајућим транскрипцијама. Ови аудио снимци су генерисани из телевизијских серија на српском језику које су имале упарене титлове. Потом смо интегрисали дату колекцију са *Common Voice* базом података.

Користили смо савремене, вишејезичне моделе за препознавање говора, као што су *Whisper* архитектура и архитектуре засноване на *Wav2Vec2* (*xls-r-1b*, *xls-r-300m* и *xlsr-53*). Циљ дотрениравања датих модела, као и подешавања њихових параметара и хиперпараметара је био да значајно смањимо стопу грешака на нивоу речи и слова (енг. *Word Error Rate* и *Character Error Rate*) на датој колекцији података.

Како бисмо унапредили тачност препознавања говора, у процес транскрипције смо интегрисали 3-грам језички модел. Овај модел смо изградили користећи текстуалну базу података на српском језику величине 5 гигабајта, чиме је додатно умањена стопа појаве грешака приликом аутоматског препознавања говора.

**Кључне речи:** аутоматско препознавање говора, процесирање природних језика, језички модели





Вештачка интелигенција  
и образовање

## Употреба великих језичких модела и предиктивних модела у образовању

Александра Вучковић<sup>1</sup>, Власта Сикимић<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт за филозофију, Филозофски факултет Универзитета у Београду, [aleksandra.vuchkovic@gmail.com](mailto:aleksandra.vuchkovic@gmail.com)

<sup>2</sup> Технолошки универзитет у Ајндховену

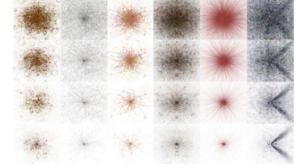
**Апстракт.** Циљ овог истраживања је разматрање два облика напредних дигиталних решења у образовању - великих језичких модела и предиктивних модела - и начина на који се они могу начинити доступнијима већем броју ученика. Велики језички модели спадају у домен генеративне вештачке интелигенције и доспели су у жижу јавности захваљујући актуелним расправама о ГПТ-3 и сродним технологијама, које су отвориле многа питања и изазвале (не)оправдане забринутости у вези са употребом вештачки генерисаних текстова у образовању. Иако су неке школе већ забраниле употребу ЧетГПТ-а (ChatGPT) и сличних софтвера, многи научници и наставници сматрају да би велики језички модели, уколико су постепено и одговорно имплементирани, могли да допринесу унапређењу образовања (нпр. као помоћно средство за обуку ученика, а не као „пречица“ за решавање домаћих задатака). С друге стране, предиктивни модели могу бити и генеративни и дискриминативни и они већ сада имају двоструку примену у образовању. Пре свега, они помажу самим ученицима тако што прате њихов напредак и у складу са повратним информацијама „предлажу“ додатне вежбе и задатке, док с друге стране, могу користити и предавачима при изради наставног плана.

Међутим, будући да је машинско учење засновано на већ постојећим подацима, постоји ризик од пресликавања постојећих друштвених предрасуда и нетачних информација и на алгоритме који су намењени за едукацију. Један од примера проблема у које може водити превелико ослањање на вештачку интелигенцију забележен је током пандемије у Великој Британији када су предиктивни модели додељивали оцене ученицима на основу њиховог дотадашњег успеха. Међутим, ни велики језички модели нису „имуни“ на пристрасности, будући да подаци на основу којих генеришу одговоре могу бити обојени различитим друштвеним предрасудама.

Једна од препрека при одговорној имплементацији вештачке интелигенције је јаз између идеје о образовању као о општем добру и интереса приватних компанија које су тренутно водећи покретач даљег развића великих језичких модела и предиктивних модела. Због тога је потребно размотрити два начина на која би се могла повећати доступност и контрола

едукативних софтвера - кроз јавно финансирање и веће улагање у развој апликација отвореног кода (*open source*).

**Кључне речи:** вештачка интелигенција у образовању, приватност, безбедност, велики језички модели, предиктивни модели



Рачунарска визија

## Природна робусност модела дубоког машинског учења у рачунарској визији

Горана Гојић<sup>1</sup>, Владимир Винцан<sup>1</sup>, Огњен Кундачина<sup>1</sup>, Драгиша Мишковић<sup>1</sup>, Дину Драган<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Истраживачко-развојни институт за вештачку интелигенцију Србије,  
gorana.gojic@ivi.ac.rs, vladimir.vincan@ivi.ac.rs, ognjen.kundacina@ivi.ac.rs,  
dragisa.miskovic@ivi.ac.rs

<sup>2</sup> Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, dinud@uns.ac.rs

**Апстракт.** Неадверсеријална или природна робусност модела дубоких неуронских мрежа, представља особину модела да очува перформансе у случајевима промене дистрибуције улазних података узрокованих природним трансформацијама података. Како је у пракси често тешко или чак немогуће предвидети све могуће трансформације које се могу десити при употреби модела, обучавање робусног модела је изазован задатак за који су у литератури предложени различити приступи. Приступи се могу сврстати у две групе и то групу приступа за генерализацију над доменом (енг. *domain generalization*) и за адаптацију над доменом (енг. *domain adaptation*). Излагање обухвата сажет преглед главних метода из наведених група које се примењују у обучавању робусних модела дубоких неуронских мрежа у домену рачунарске визије. Методе су издвојене на основу прегледа недавно објављених научних радова на престижним конференцијама и у часописима из области рачунарске визије и обухватају аугментацију података и дизајн архитектуре мреже за генерализацију над доменом, односно трансфер знања и учење на малом броју узорака за адаптацију над доменом.

**Кључне речи:** природна робусност, неадверсеријална робусност, генерализација над доменом, адаптација над доменом, рачунарска визија, дубоко машинско учење



Вештачка интелигенција  
и инжењерство

## Метахеуристике као алати вештачке интелигенције

Татјана Давидовић<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Математички институт Српске академије наука и уметности, tanjad@mi.sanu.ac.rs

**Апстракт.** Метахеуристике су углавном признате као веома успешне методе оптимизације. Оне представљају рачунарске алгоритме којима се оптимизују дате функције циља итеративним генерисањем нових или побољшањем постојећих решења. Метахеуристике су опште методе у смислу да не користе а priori знање о проблему који се оптимизује. Међутим, ова чињеница им омогућава да буду применљиве на различите проблеме. Метахеуристичке методе су најчешће стохастички алгоритми, тј. понављањем извршавања могу се добити различити резултати. Иако не гарантују оптималност добијеног решења, обично обезбеђују висококвалитетна решења у разумном времену извршавања. Метахеуристике могу бити математички засноване или инспирисане природом, могу конструисати нова и потенцијално боља решења или вршити трансформације већ постојећих решења у циљу њиховог побољшања. Такође, разликујемо методе које током рада користе једно решење и оне које раде над популацијом решења.

Вештачка интелигенција представља скуп програмских техника које треба да омогуће рачунарима и другим машинама неке видове интелигентног понашања, својствених људима. Већина проблема вештачке интелигенције спада у класу проблема претраге или доношења одлука. На пример, проблеми превођења, препознавање слика, писаног текста и говора, аутоматски доказивачи теорема, експертни системи који представљају подршку приликом доношења важних одлука у разним областима свакодневног живота, и многе друге. Метахеуристике се очигледно могу користити и за решавање оваквих проблема, самостално или у комбинацији са класичним методама вештачке интелигенције. Прецизније, у контексту вештачке интелигенције, метахеуристике треба разматрати на три начина: 1) као равноправне методе вештачке интелигенције (примењиване су на проблем кластерована, задовољивости, проблем одлучивања, проблеме задовољења ограничења и сл.); 2) као помоћне технике приликом дизајнирања стандардних метода вештачке интелигенције, на пример за подешавање (хипер|мета)-параметера који утичу на перформансе; 3) као предмет примене метода вештачке интелигенције, пре свега машинског учења, чиме се добијају ефикасније методе оптимизације. Сва три аспекта ће бити детаљно описана и поткрепљена примерима.

**Кључне речи:** оптимизација, доношење одлука, стохастички алгоритми, подешавање параметара, рачунарска интелигенција.



Вештачка интелигенција  
и инжењерство

## Анализа губитка динамичке стабилности композитних плоча методама машинског учења

Мирко Динуловић<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Универзитет у Београду, Машински факултет, mdinulovic@mas.bg.ac.rs

**Апстракт.** Проблеми губитка динамичке стабилности танкозидних структура познати су још од почетка примене оваквих структура, нарочито у области ваздухопловства.

Са научног аспекта проблематика стабилности је проучавана и развијани су многи математички модели, полу-експериментални, аналитички и у најновије време нумерички са циљем да за познату структуру у смислу геометрије и примењених материјала на конструкцији, за задате услове лета (анвелопа лета) предвиде тзв. критичне брзине до којих неће доћи до губитка стабилности односно лома. Са појавом композитних материјала и са све већом применом истих у многим индустријама, а нарочито у ваздухопловству, проблеми динамичке стабилности танких плоча постали још сложенији имајући у виду анизотропност ових материјала. Претходно споменуте методе, које се данас користе у прорачунима одређивања критичних брзина имају своје одређене предности и недостатке и у константном су развоју а у циљу повећања тачности резултата са што је могуће мањим ресурсима. Као што се може претпоставити, најтачније резултате добијамо експерименталним путем, али треба имати у виду да се ради о веома сложенем феномену и да су испитивања веома скупа, захтевају велике људске ресурсе, скупу опрему и време (аеротунелска испитивања).

У овом раду анализирана је могућност примене машинског учења у циљу развоја модела који би ефикасно могао бити примењен у проблематици одређивања критичних брзина губитка стабилности танких композитних плоча, првенствено примењених на стабилизаторе и управљачке површине вођених ракета. Други циљ овог истраживања је био да се провери применљивост, тачност и ефикасност постојећих регресионих алгоритама на проблематику динамичке стабилности.

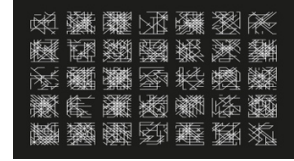
Потребни подаци за развој модела прикупљени су експерименталним путем, тестирањима у аеротунелу, као и на основу познатог НАСА аналитичког модела.

Анализирана је ефикасност неколико регресионих алгоритама који се користе у проблематици Машинског учења нарочито у проблемима предвиђања вредности.

Алгоритми су анализирани на претходно формираном дата сету. Најтачније резултате дао је LightGBM regression model (највећа вредност корелације 0.998) али и најдуже потребно време тренирања модела на скупу података од око 15 000 елемената.

На основу овако добијених резултата развијен и софтверски пакет под називом КОД Ф и кориштен је у финалној провери анализе динамичке стабилности композитних стабилизатора методом машинског учења.

**Кључне речи:** стабилност, композитне плоче, регресиони алгоритми, машинско учење



Вештачка интелигенција  
и наука

## Оптимизација пристрасних вредности варијабли одлучивања за фер вишекритеријумско рангирање

Зорица Додевска<sup>1</sup>, Борис Делибашић<sup>2</sup>, Дубравко Ђулибрк<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Истраживачко-развојни институт за вештачку интелигенцију Србије, Нови Сад, zorica.dodevska@ivi.ac.rs, dubravko.culibrk@ivi.ac.rs

<sup>2</sup> Факултет организационих наука, Универзитет у Београду, boris.delibasic@fon.bg.ac.rs

**Апстракт.** Са појавом великих података, ранг листе алтернатива сортираних према значају за задате критеријуме рангирања се све више користе да олакшају доношење одлука. Аутоматизовани алгоритми за рангирање на бази вештачке интелигенције (ВИ) представљају користан алат за подршку савременом одлучивању, те је њихов утицај на друштво све већи. Како би ранг листе које они масовно генеришу биле фер на статистичком нивоу, потребно је да припадници дискриминисаних група буду у просеку приближно једнако успешно ранжирани у поређењу са члановима привилегованих група, што онемогућава појаву неједнаког крајњег дејства (енгл. *disparate impact*). За елиминисање неједнаког дејства у рангирању спроведеном методама вишекритеријумске анализе (ВКА), ово истраживање користи постпроцесинг технике на бази меког рачунарства (енгл. *soft computing*).

Математички модели за решавање проблема недиференцијабилне оптимизације пристрасних вредности варијабли одлучивања (енгл. *decision variables*), кодирани у програмском језику *Python*, имају за циљ да минимизују дивергенцију у односу на оригиналну ранг листу или првобитно утврђене вредности варијабли ВКА, а уз задовољавање ограничења фер рангирања. За аутоматизовано итеративно претраживање допустивих скупова вредности варијабли ВКА, коришћене су популационе метахеуристике. За оптимизацију скупова континуалних варијабли ВКА (тежинских коефицијената за критеријуме или (анти)идеалних вредности за критеријуме) коришћени су софтверски пакети на бази ВИ. Један је генетски алгоритам, који користи биолошки инспирисане операторе попут селекције, мутације и укрштања (енгл. *crossing over*). Други је алгоритам оптимизације ројем честица (енгл. *particles*), који опонаша колективну интелигенцију друштвених животиња које настоје да оптимизују своје кретање до одредишта са храном. Трећи је алгоритам диференцијалне еволуције, који се такође заснива на биолошким механизмима еволуције. Проблем оптимизације скупова дискретних варијабли ВКА (преференција исказаних на Сатијевој скали приликом поређења парова алтернатива према задатом критеријуму) прилагођен је синтакси софтверског пакета генетског алгоритма, и решаван уз увођење речника.

На основу спроведених експеримената са великим бројем покренутих оптимизација (од неколико стотина до неколико хиљада), закључује се да је могуће редуковати статистичку

дискриминацију на прихватљиву меру, и то уз различито утврђен еквилибријум метрика фер и тачног рангирања. Истраживање доприноси савременим потребама за уградњом етичких вредности у аутоматизоване механизме засноване на техникама ВИ.

**Кључне речи:** алгоритми за рангирање, меко рачунарство, популационе метахеуристике, смањење дискриминације, вештачка интелигенција, методе вишекритеријумске анализе





Екологија и пољопривреда

## Comparative Analysis of Data Denoising Techniques and Their Impact on ML-Based Predictions

Ana Dodig<sup>1,2</sup>, Sanja Vujnovic<sup>1</sup>, Milan Stojkovic<sup>2</sup>

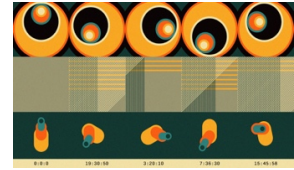
<sup>1</sup> University of Belgrade, School of Electrical Engineering, Belgrade, 11000, Serbia, ana.dodig@ivi.ac.rs, svujnovic@etf.bg.ac.rs

<sup>2</sup> The institute for artificial intelligence research and development of Serbia, Belgrade, 11000, Serbia, milan.stojkovic@ivi.ac.rs

**Abstract.** This study undertakes an in-depth examination of the performance of two hybrid techniques, Empirical Mode Decomposition (EMD) and the Locally Weighted Scatterplot Smoothing method (LOWESS) used for time series data denoising in combination with Long-Short Term Memory Recurrent Neural Networks (LSTMs) used for data forecasting, applied at the Novi Sad hydrological station for water quality prediction. Water quality prediction plays an essential role in monitoring and managing river streams and water quality effectively. The dataset under examination is a time series collection focused on key indicators of water quality of Danube River at Novi Sad. It encompasses both physical and chemical parameters relevant to river health and aquatic system. In the realm of physical parameters, the dataset captures measurements of Flow and Water Temperature. From a chemical perspective, the dataset includes values for Dissolved Oxygen and Conductivity. Dissolved oxygen levels are vital in assessing the river stream ability to support aquatic life, while conductivity indicates the water's ion levels. In our methodology, we subtract the first intrinsic mode function obtained through EMD from the original signal, aiming mainly to remove noise. This decision stems from the observation that this function, contributing to less than 1% of the original signal's variance and having significant autocorrelation only at the first sample, likely represents noise rather than meaningful information from the original signal. Concurrently, the standard LOWESS method is applied to achieve a smoother version of the data due to its non-parametric capabilities, effectively capturing the underlying trend in the data sequences. Following the denoising processes, the refined datasets serve as inputs for machine learning-based models, specifically LSTMs designed to predict chemical water parameters five days ahead based on the previous 10 days observed dataset. Models utilize past measurements of physical water parameters and the specific chemical water parameter we aim to forecast. Our preliminary results indicate a significant enhancement in prediction accuracy upon using the denoised data with both techniques, emphasizing the importance of data quality in time series forecasting. The EMD-LSTM method has shown slightly better results for the prediction of dissolved oxygen when compared to other one. Similarly, for conductivity prediction, its performance is comparable to that of the LOWESS-LSTM approach. Given its edge in predictive accuracy for dissolved oxygen, alongside the comparable results for conductivity, the choice to adopt the EMD-LSTM method is further justified by its simplicity and the advantage of having no

parameters to tune. This simplicity potentially reduces the complexity and computational cost associated with model training and maintenance. Additionally, the choice between denoising techniques depends on specific data requirements and the balance between preserving variance and eliminating noise or outliers, but in our case both techniques had similar results for that matter. Taking all factors into account, EMD-LSTM was selected as the preferred method for reliable water quality prediction.

**Keywords:** Empirical Mode Decomposition, Locally Weighted Scatterplot Smoothing, Long-Short Term Memory Networks, Water Quality, Forecasting



Вештачка интелигенција  
и софтвер

## Uncomplicate - Software Libraries for Machine Learning and High Performance Computing

Dragan Đurić

University of Belgrade, Faculty of Organizational Sciences, dragandj@gmail.com

**Abstract.** We present Uncomplicate, a family of functional software libraries written in Clojure that runs on central processing units (CPU) and graphic processing units (GPU). Among others, this includes the following libraries: Deep Diamond, a tensor-based deep neural networks library, Neanderthal, which handles vectors, matrices, and linear algebra, and ClojureCUDA, a functional library for GPU programming.

What sets Uncomplicate libraries apart is that they offer relevant constructs at various levels of abstraction, from low-level bindings to the high-level domain-specific code, without compromising neither elegance nor performance. Despite being written in Clojure, a high-level dialect of Lisp, they offer full performance of the state of the art lowest level operations provided by the underlying vendor libraries of low-level operations such as Nvidia's cuDNN (CUDA Deep Neural Networks) and Intel's MKL (Math Kernel Library), on CPU as well as GPU.

The implementation details of all Uncomplicate libraries are freely accessible online at <https://github.com/uncomplicate>, including the whole history of development in Git repositories. All libraries are available as free software under Eclipse Public License.

Compared to mainstream alternatives, such as Python's NumPy, TensorFlow, Pytorch, and similar libraries, we achieved comparable and better computation performance (where applicable). The drawback is, of course, that we cannot even approach the popularity and invested resources that the Python ecosystem receives. On the other hand, Uncomplicate libraries cover more functionality (for features that are applicable) with orders of magnitude less code. As an example, Neanderthal, a rough match to NumPy, is only 20,000 lines of code in total compared to NumPy's 400,000. In addition to that, Neanderthal supports CPU, CUDA GPU, OpenCL GPU, and OpenCL CPU execution, while NumPy's core implementation only supports running on CPU. Uncomplicate libraries are implemented more effectively, backed by the fact that it has been developed by one developer in free time after work, while mainstream equivalents are developed by multitude of full-time employees. It is a sort of an apples to oranges comparison, we admit, but we are open to reviews and further suggestions.

**Keywords:** Clojure, deep learning, programming



Резонованье

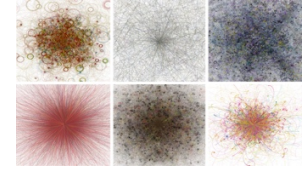
## Могућности примене вештачке интелигенције у електроенергетици

Милета Жарковић<sup>1</sup>, Горан Добрић<sup>1</sup>, Соња Кнежевић<sup>1</sup>, Милица Влаисављевић<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Универзитет у Београду - Електротехнички факултет, Катедра за Електроенергетске системе, [mileta@etf.rs](mailto:mileta@etf.rs), [dobric@etf.rs](mailto:dobric@etf.rs), [sonjaknezevic98@gmail.com](mailto:sonjaknezevic98@gmail.com), [milica.vlaisavljevic97@gmail.com](mailto:milica.vlaisavljevic97@gmail.com)

**Апстракт.** Услед убрзане дигитализације енергетског сектора, број података који се активно прати и меморише у електроенергетским системима из дана у дан расте. Утицај на те податке имају метеоролошки, термички, механички и електромагнетни параметри. У будућности, експертима и инжењерима у електроенергетици биће потребни помоћни алати базирани на вештачкој интелигенцији. Ови алати ће им омогућити јаснији увид у све податке и олакшати доношење различитих планерских одлука. Рад приказује могућност примене фази логике за искуствено формирање експертских система за дијагностику стања електроенергетске опреме. Алгоритми ненадгледаног машинског учења су примењени у сврху кластеризације података о електроенергетској опреми у циљу доношења оптималног плана одржавања опреме. Примена вештачких неуралних мрежа је искоришћена за предикцију временских серија потрошње и производње енергије из конвенционалних и обновљивих извора енергије. Такође, неуралне мреже су примењене уместо прорачуна токова снага у циљу откривања техничких губитка у преносној и нетехничких губитака у дистрибутивној електроенергетској мрежи. Приказана је методологија примене аутоенкодерских неуралних мрежа у циљу откривања аномалија у електроенергетском систему. Рад указује да је суштинска предност примене вештачке интелигенције то што учи о зависности параметара електроенергетског система. Примери примене указују да су постојеће базе података у електроенергетици “живе” базе знања из којих се могу у будућности доносити правовремени закључци и одлуке. Примена вештачке интелигенције у електроенергетским системима доводи до повећања поузданости и сигурности снабдевања енергијом и подизања енергетске ефикасности.

**Кључне речи:** дијагностика стања, прогноза потрошње, прогноза производње, предикција техничких губитака



Теорија вештачке  
интелигенције

## Неуро-симболички оквир за учење и формалну верификацију неуралних контролера и сертификата у динамичким системима

Ђорђе Жикелић<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Сингапур менаџмент универзитет, dzikelic@smu.edu.sg

<sup>2</sup> Институт за науку и технологију Аустрије

**Апстракт.** Учење с подстицањем је остварило импресивне резултате у разноврсним доменима, што је подстакло повећано интересовање за његову употребу у системима за аутоматско управљање као што су аутономни аутомобили или роботски системи. Међутим, сигурносно-критична природа ових примена доводи у питање сигурност и поверење у неуралне контролере научене методама (дубоког) учења с подстицањем. Формална верификација неуралних контролера научених методама учења с подстицањем је због тога постала изузетно важна и активна област истраживања.

Ово излагање ће представити неуро-симболички оквир за учење и формалну верификацију контролера и сертификата њихове сигурности у стохастичким динамичким системима. За задати стохастички динамички систем и спецификацију својства које систем за управљање треба да задовољи, наш метод заједно учи и формално верификује неурални контролер и неурални сертификат који формално доказује да је спецификација задовољена. Спецификација може бити комбинација спецификација достижности и недостижности стања система. Представљени оквир је први такав оквир који дозвољава формално аутоматско резонување о неуралним контролерима у *стохастичким* динамичким системима, који узимају у обзир и квантификују неизвесност у моделу система. Оквир се такође може користити за формалну верификацију већ научених неуралних контролера, као и за аутоматску поправку неуралних контролера који не задовољавају жељену спецификацију.

**Кључне речи:** учење у аутоматском управљању, формална верификација, учење с подстицањем, стохастички системи



Вештачка интелигенција  
и медицина

## Одређивање кодова болести уз помоћ техника обраде природних језика

Анђелка Зечевић<sup>1</sup>, Јована Ковачевић<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Математички институт Српске академије наука и уметности, andjelkaz@mi.sanu.ac.rs

<sup>2</sup> Математички факултет, Универзитет у Београду, jovana@matf.bg.ac.rs

**Апстракт.** Знања о генима, болестима и везама између њих су од непроцењиве важности за разумевање природе и тока самих болести, као и за развој нових дијагностичких процедура и терапијских протокола. У базама података које сумирају ове информације, имена болести се често задају у слободној текстуалној форми па је њихово претраживање и упаривање са кодовима постојећих биомедицинских онтологија и система класификације врло изазовно. У овом излагању осврнућемо се на проблем одређивања кодова за болести наведене у бази података *DisGeNET*, једној од највећих и најсвеобухватнијих јавно доступних база овог типа, према кодификацији онтологије *Disease Ontology*. Размотрићемо погодности и ограничења семантичких репрезентација које за имена болести генерише језички модел *PubMedBERT*, велики језички модел посебно развијен за биомедицински домен, и неколико техника унапређења претраге кодова коришћењем додатних информација о болестима.

**Кључне речи:** биомедицина, ген-болест веза, обрада природних језика, језички модел PubMedBERT



Безбедност

## Безбедносни аспекти употребе вештачке интелигенције у савременим оружаним сукобима

Ивана Зиројевић<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Факултет безбедности, Универзитет у Београду, izirojevic@gmail.com

**Апстракт.** Употреба сваке нове технологије доноси нове могућности, али и нове ризике. Са аспекта оружаног сукоба као безбедносне претње, може се у будућности очекивати велика примена различитих алата вештачке интелигенције (ВИ) и то како у оквиру традиционалних борбених простора (копно, вода, ваздух, свемир), тако и у оквиру сајберпростора. Приликом разматрања употребе ВИ у војне сврхе, важно је дефинисати улогу система ВИ у безбедносним активностима, као и безбедност самих система ВИ.

У раду су анализирани безбедносни ризици везани за технологије ВИ и њихову употребу у савременим оружаним сукобима, а затим представљени кроз безбедносне ризике који се путем ВИ смањују и безбедносне ризике које се повећавају или појављују захваљујући ВИ технологији. Посебно је наглашено преливање сајбер ратовања у реалност оружаног сукоба, путем употребе ВИ алата. Такође, у раду се анализира и истиче потреба за успостављањем безбедносних протокола за контролу развоја и деловања софтвера ВИ у оквиру оружаних система, што на тренутном нивоу развоја представља један од највећих изазова у употреби ове нове технологије у контексту војске.

**Кључне речи:** вештачка интелигенција, безбедност, ризици, наоружање, оружани сукоби



Обрада природног језика

## Језички модели за препознавање и повезивање именованих ентитета

Милица Иконић Нешић<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Филолошки факултет, Универзитет у Београду, milica.ikonic.nesic@fil.bg.ac.rs

**Апстракт.** Излагање ће представити језичке моделе за препознавање и обележавање именованих ентитета који су обучени на обележеном `srpELTeC-gold` (<https://jerteh.rs/index.php/elg-resursi/>) корпусу за тренирање препознавања именованих ентитета који је поткорпус књижевног корпуса српског језика, названог `srpELTeC`, који садржи 11 романа у пуном тексту и исечке 15 романа написаних пре више од једног века, а чији је развој почео у склопу COST акције CA16204 *Distant Reading for European Literary History* (Удаљено читање за европску историју књижевности). Развој корпуса српских романа, укључујући ручно и аутоматско обележавање на различитим нивоима, координира Друштво за језичке технологије и ресурсе JePTex. За обучавање језичких модела за препознавање и повезивање именованих ентитета потребно је припремити велике скупове тачно обележених података. За њихову припрему је коришћен полуаутоматски приступ који се састоји од аутоматског обележавања, за којим следи ручно кориговање скупа података за обучавање. За ручно кориговање аутоматски обележених текстова се користи платформа INCEPTION. Обучени модел `SrpCNNER`, заснован на конволуционој неуронској мрежи и на библиотеци `sprCu`, препознаје 7 категорија именованих ентитета: особе, локације, организације, професије, догађаје, знаменита дела, демониме, са прецизношћу од 91% на текстовима `srpELTeC` колекције. На текстовима савремене књижевности прецизност модела је 58%. Ради побољшања перформанси, обучен је нови модел са истом архитектуром на скупу за обучавање који је проширен и који чине: обележени новински чланци, реченице генерисане на основу базе знања Википодаци и лексикографске базе Лексимирка и као главни део `srpELTeC-gold` корпус. Нови модел је постигао прецизност препознавања именованих ентитета од 94% на текстовима савремене књижевности. Представиће се такође истраживања везана за повезивање именованих ентитета са базом знања Википодаци, где се препознатом ентитету, на пример особи, придружује јединствени идентификатор википодатака, као и повезивање ликова у романима `srpELTeC-gold` корпуса са Википодацима и њихова визуелизација и приказ кроз упитни језик SPARQL. Будућа истраживања ће бити усмерена на обучавање језичких модела за унапређење препознавања именованих ентитета коришћењем претренираних модела BERT архитектуре (вишејезичних и специфично тренираних за српски) као и модела за повезивање препознатих именованих ентитета са базама знања.



**Кључне речи:** машинско учење, језички модели, препознавање именованих ентитета, википодаци, повезивање именованих ентитета



Вештачка интелигенција  
и медицина

## Класификација хистолошких целина на основу морфолошких и текстуалних одредница

Анђелија Ж. Илић<sup>1,\*</sup>, Марко Динчић<sup>2</sup>, Тијана Штајнер<sup>3</sup>, и Александар М. Трбовић<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт за физику Београд, Универзитет у Београду, andjelijailic@ieee.org, angie@ipb.ac.rs

<sup>2</sup> Институт за патолошку физиологију, Медицински факултет, Универзитет у Београду, drdincicmarko@gmail.com, alexander.m.trbovich@gmail.com

<sup>3</sup> Национална референтна лабораторија за токсоплазмозу, Институт за медицинска истраживања, Универзитет у Београду, tijana.stajner@imi.bg.ac.rs

**Апстракт.** У медицинском истраживању и дијагностици, рачунарска визија подржана класификацијом података и машинским учењем има значајну и брзо растућу улогу. Прецизно установљене особине ткива и ћелија, резултат наменски прилагођене обраде слика, нису подложне грешкама услед субјективне процене оцењивача. Ово је посебно од значаја у хистопатологији, где су анализе засноване на рутинском посматрању великог броја узорака. Истовремено, експерти патолози су ти који постављају стандарде класификације хистолошких ентитета и избор најрепрезентативнијих примера за развој и тестирање модела.

Представљамо своје недавно постигнуте резултате на тему примене машинског учења у хистопатологији. Потврдили смо изузетну корисност рачунарске обраде слике у откривању знака канцера, као и у анализи гастроинтестиналних биопсија. Типичан коришћени приступ укључује прелиминарну процену задатака, конструкцију модела, прорачун дескриптора особина ентитета, и класификацију података. Уколико се има веома ограничена количина података, избор најинформативнијих дескриптора/одредница на основу знања може бити од интереса, као и робусна и поуздана метода потпорних вектора (SVM). Описујемо како смо изабрали дескрипторе особина ћелија у једном таквом случају, и поредимо класификацију методом SVM за различите димензије параметарског простора. Тестирамо и перформансе конволуционих неуралних мрежа (CNN) као класификатора у случају наших података.

Коначно, описујемо будуће правце истраживања у области паразитологије, где се срећемо са сасвим другачијим изазовима. По први пут смо употребили фракталну анализу, уз морфолошке и анализе честица, за описивање структурне комплексности *T. gondii* циста у ткивима. Даље имамо у плану развој и употребу додатних алата рачунарске визије ради унапређивања аутоматског процењивања параметара приликом дијагностификовања и лечења реактивираних токсоплазмозе.

**Кључне речи:** морфолошке и текстуалне одреднице ентитета, метода потпорних вектора (SVM), конволуционе неуралне мреже (CNN), хистопатологија, паразитологија

**Захвалница:** Истраживање је подржано од Фонда за науку Републике Србије, пројекат број 7328, у оквиру програма ПРИЗМА, Reinvention of the diagnostic algorithm and treatment options for reactivated toxoplasmosis – ТохоReTREAT, као и кроз грантове Министарства за науку РС Институту за физику, Медицинском факултету, и Институту за медицинска истраживања.



Вештачка интелигенција  
и инжењерство

## Примена фази логичких контролера за управљање светлосним сигнаlima на алтернативним раскрсницама

Александар Јовановић<sup>1</sup>, Душан Теодоровић<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Универзитет у Крагујевцу, Факултет инжењерских наука, a.jovanovic@kg.ac.rs

<sup>2</sup> Српска академија наука и уметности, duteodor@gmail.com

**Апстракт.** Оптимизација саобраћајних сигнала на раскрсницама може значајно да смањи ниво саобраћајних загушења. Ипак, са повећањем вредности интензитета саобраћајних токова, по достизању њихових критичних вредности, оптимизација сигнала углавном не доноси значајнија побољшања. Алтернативне раскрснице, које су се појавиле током последњих деценија, представљају једно од обећавајућих решења за смањење времена чекања возила и броја заустављања. Иновативна геометријска структура омогућава просторно раздвајање конфликтних саобраћајних токова, чиме се повећава капацитет саобраћајнице и смањују временски губици. Досадашња успешна примена фази логике за управљање саобраћајем на “класичним” раскрсницама, представљала је мотив за развој фази логичких модела за управљање саобраћајем на алтернативним раскрсницама.

Први део овог истраживања односи се на управљање комплексним саобраћајним системом у условима загушеног саобраћајног тока. Систем чине *Diverging Diamond Interchange (DDI)* и *Ramp Metering*. Развијен је фази логички систем који има за циљ да ублажи загушења и спречи блокаду главне *DDI* раскрснице возилима која се нису укључила на аутопут. Микросимулациони модел, развијен у софтверу VISSIM, показао је све предности примене фази логике на посматраном проблему.

*Restricted Crossing U-Turn (RCUT)* је алтернативна раскрсница на којој се лева и право скретања са споредне улице, као и лева скретања са главне улице, померају на две нове раскрснице са полукружним окретањем (обично контролисане светлосном сигнализацијом), чиме се побољшавају ефикасност и безбедност саобраћаја. *RCUT* дизајн је оправдан када су саобраћајни захтеви са споредних улица значајно мањи од оних са главног правца, под условом да постоји довољно простора за њену реализацију. Полу-адаптибилна контрола саобраћаја, подржана фази логиком типа 2, дала је знатно боље резултате у односу на стандардне методе за управљање саобраћајем.

Фази логика типа 2 се показала као обећавајући адаптивни систем управљања светлосним сигнаlima и на *Median U-Turn (MUT)* алтернативној раскрсници. За разлику од *RCUT* дизајна, *MUT* дозвољава токове право са споредних прилаза кроз главну раскрсницу, па је погодан и када постоје нешто већи саобраћајни захтеви са споредних токова. У свим разматраним саобраћајним сценаријима, фази-адаптибилна контрола је показала боље перформансе рада у односу на друге начине управљања, који се примењују у пракси или су

познати из литературе. На примеру *MUT* раскрснице, показан је начин практичне примене фази логике кроз реалан контролер који се примењује у пракси (*Econolite ASC/3*).

**Кључне речи:** фази логика, алтернативне раскрснице, загушење саобраћаја, емисија штетних гасова, симулација



Обрада природног језика

## Примена алгоритама машинског учења за детекцију увредљивог говора на српском језику

Данка Јокић<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Универзитет у Београду, [danka.jokic@afrodita.ac.bg.rs](mailto:danka.jokic@afrodita.ac.bg.rs)

**Апстракт.** Пораст увредљивог садржаја у друштвеним медијима и на виртуелним платформама указао је на потребу за ефикасним системима за откривање говора мржње. Иако је постигнут значајан напредак у развоју таквих система за енглески језик, ресурси за друге језике, међу којима је и српски, још увек су оскудни.

Овај рад представља прелиминарне резултате коришћења традиционалног машинског учења и алгоритама дубоког учења за идентификацију увредљивог говора у корпусу AbCoSER, првом скупу података који садржи увредљив говор и развијен је за српски језик. Корпус се састоји од 6.436 твитова од којих је њих 1.416 означено да садржи увредљиви говор. Задатак истраживања је био да се изврши бинарна класификација твитова, који су означени било као „Увредљиво“ или „Неувредљиво“. Процењивани су различити модели машинског учења, укључујући Naïve Bayes класификатор, логистичку регресију, вишеслојни перцептрон, мрежу дуге краткорочне меморије (енг. Long-Short Term Memory Network) и конволутивну неуронску мрежу (енг. Convolutional Neural Network). Такође су истражене различите репрезентације особина (енг. features), као што су врећа речи (енг. Bag of Words), учесталост термина - инверзна учесталост докумената (енг. Term Frequency - Inverse Document Frequency или скраћено TF-IDF), угњеждене репрезентације речи (енг. word embeddings) и 26 ручно израђених особина изведених из текстуалног садржаја и метаподатака твита, као и из листе кључних увредљивих речи. Додатно је спроведена аутоматска селекција особина са циљем добијања оптималног скупа особина за предвиђање увредљивог текста у твиту.

Најбољи резултати су постигнути применом пасивно-агресивног класификатора на TF-IDF н-грамима од 3 до 5 карактера и на скупу података са обновљеним дијакритичким знацима, добијајући F1 макро меру од 0,7123 на тестном скупу података. Овај резултат је упоредив са резултатима, који су постигнути применом сличних метода машинског учења за откривање говора мржње на енглеском језику.

Будући рад ће се базирати на коришћењу већих и разноврснијих скупова података увредљивог говора, обради емотикона и скраћеница у садржају твита, коришћењу квалитетнијих угњеждених репрезентација речи, примени БЕРТ (енг. Bidirectional Encoder Representations from Transformers) језичког модела за српски, трансферном учењу из других језика, употреби недавно развијеног великог језичког ГПТ (енг. Generative Pre-trained Transformer) модела за српски језик и коришћењу ансамбла класификатора.

**Кључне речи:** детекција увредљивог говора, корпус увредљивог говора AbCoSER, говор мржње, друштвене мреже.



Обрада природног језика

## Фишинг и велики језички модели

Ана Ковачевић<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Факултет безбедности, Универзитет у Београду, kana@fb.bg.ac.rs

**Апстракт.** У овом излагању биће приказани прегледни резултати о генерисању фишинга коришћењем великих језичких модела, као и могућност великих језичких модела у препознавању ових превара. Фишинг, остаје стална претња сајбер безбедности, иако постоји дуги низ година. Овај напад континуирано еволуира и постаје софистициранији. Кључни циљ фишинг мејла је да убеди примаоца да предузме одређене радње у корист нападача, при чему су посебно опасни циљани фишинг мејлови који су усмерени на специфичног појединца или групу. Креирање циљаних фишинг мејлова представља изузетно захтеван процес, обухвата кораке као што су идентификација потенцијалних жртава, креирање убедљивих порука и њихово прецизно усмеравање. Приликом креирања фишинг маилова помоћу бота chatGPT постоје имплементирани филтери сигурности с циљем да ограниче потенцијалне злонамерне кориснике. Но уз модификацију упита, односно промпт инжењеринг, једноставно је заобићи те филтере и креирати велики број фишинг мејлова у кратком интервалу са жељеним стилем и темом. Поред тога, појављују се и злонамерна алтернатива chatGPT-у попут WormGPT, који је обучаван на злонамерним програмима, фишинг мејловима и слично, а нема сигурносних ограничења. С друге стране, очигледно је да велики језички модели препознају обрасце који су карактеристични за фишинг маилове и из тог разлога могу се користити у детекцији истих. Ови модели имају потенцијал да се искористе за заштиту и обуку корисника, помажући им у препознавању нових облика фишинга и разумевању нових напада. Напредовањем великих језичких модела у креирању фишинг мејлова, побољшаће се и њихова способност препознавања.

**Кључне речи:** машинско учење, обрада природног језика, велики језички модели, фишинг, циљани фишинг.





Безбедност

## Аспекти примене вештачке интелигенције у цивилној авијацији – кратки преглед

Дејан Кожовић<sup>1</sup>, Драган Ђурђевић<sup>2</sup>

<sup>1</sup> BenAir, Београд, dejankozovic@gmail.com

<sup>2</sup> Академија за Националну Безбедност, Краљице Ане б.б., Београд, djurdjevic.dragan@gmail.com

**Апстракт.** Од почетка 21. века, авијација се налази у процесу континуиране трансформације. Развој напредних информационо-комуникационих технологија и њихово веома брзо и углавном безбедно усвајање, довело је до огромног пораста у иновацијама и аутоматизацији у авио сектору. Одобрене релевантне иновације, које обухватају консолидоване технологије, између осталог, односе се и на додатне вредности у вези са Авио индустријом 4.0 (индустрија базирана на AI технологијама), тј. повећање аутоматизације и размене података, укључујући сајбер-физичке системе, IoT (*Internet of Things*) и *cloud* рачунарство.

Најскорија достигнућа у AI технологијама примењена у ваздухопловној индустрији (од производње и одржавања, преко управљања авионом и ваздушним саобраћајем, до иновативних услуга за путнике), нуди бројне бенефите који се односе на: дизајнирање авио делова и оперативност (нпр. Boeing 777 је први тип авиона који је у пројектној фази био у потпуности израђен компјутерски), оптимизацију потрошње горива, асистенцију пилотима у авио операцијама и контролорима у управљању ваздушним саобраћајем, одржавању авиона, идентификацији путника, итд.

Међутим, примена AI у ваздухопловству, суочена је са одређеним изазовима, који се пре свега односе на веома високе безбедносне захтеве, тако да се, за сада, AI користи као подршка, а будућност ће показати како ће се AI користити у безбедносно-критичним авио операцијама. Јер, свако ново побољшање корисничких сервиса или повећање ефикасности авио операција, отвара простор сајбер криминалцима да искористе ту нову/унапређену технологију. Тако, креирање концепта аутономног летења за *e-Enabled* авионе (*Boeing B787*, *Airbus A380* и *A350*) доводи до пораста сајбер рањивости. Како су ови авиони компјутеризовани и имају јединствене захтеве за умрежавањем, безбедношћу, сертификацијом, као и физичке оперативне захтеве, њихова интеграција представља веома велики изазов. Затим, употреба COTS (*Commercial-Off-The-Shelf* софтвер), као и интеграција авиона и *off-board* система, повећава сајбер-безбедносне ризике авио система, као нпр. ADS-B (*Automatic Dependent Surveillance-Broadcast*), технологије, која комбинује савремена техничка решења из сегмената телекомуникација, навигације и осматрања ваздушног простора.

Адекватан одговор пилота на неки непредвиђени догађај, а нарочито у некој од критичних фаза лета, захтева брзу и ефикасну реакцију пилота, који се уче да "увек имају излаз". Међутим, у сајбер безбедности, AI чини одговор бржим и ефикаснијим – AI, тј. технике машинског учења могу се користити као потенцијална решења за нпр. детекцију аномалија авионике, остваривање безбедности *data link* комуникација, као и безбедносних сертификација. Тако, увођење поменутог ADS-B система пружа ATC (*Air Traffic Control*) и пилотима бројне бенефите, као што су прецизност у реалном времену, заједничка свест о ситуацији, напредне апликације које повећавају безбедност и ефикасност (у ваздуху и на полетно-слетним стазама), као и смањење трошкова и штетног утицаја на животну средину. Међутим, овај систем је рањив на различите врсте сајбер напада, као што су прислушкивање, ометање и лажирање ("спуфинг"); овај последњи, веома је опасан и изазива нарочиту забринутост, јер се у пријемник "жртве" убацују/подмећу лажни сигнали, а циљани пријемник не може открити напад, нити упозорити корисника на непоуздана навигациона решења. Нарочито, велики ризик представљају потенцијални напади који би се могли остварити из ваздуха, употребом дрона. Због тога се за тестирање интегритета и веродостојности ADS-B порука, предлажу различите технике, а најскорије развијене су оне базирани на алгоритмима машинског учења, као што је модел дубоког учења (нпр. метода заснована на *Strategic Options Development and Analysis – Deep Neural Network* детектору или на *Long Short-Term Memory* енкодер-декодер моделу.

Због бројних предности које AI пружа, предвиђа се експоненцијални пораст тржишта AI у авио индустрији, али је чињеница да је инвестирање у ову технологију веома скупо, што је један од примарних недостатака примене. Неопходност бројних тестирања и сертификације од стране релевантних организација/регулатора кључни су процеси код примене AI у авијацији, због чега ће бити неопходно време да се AI имплементира глобално. Нарочити скептицизам стручњака у вези са будућом употребом AI, тј. генерисањем концепта аутономног летења за *e-Enabled* авионе, изазвале су две авионске несреће са фаталним исходима (2018. и 2019. год.) истог типа авиона – *Boeing 737 MAX 8*, због чега је компанија *Boeing* била под великим притиском. Узрок обе несреће били су [погрешни сигнали, које је слао сензор софтверском систему \*Maneuvering Characteristics Augmentation System\* \(MCAS\)](#). Овај суштински недостатак MCAS, резултирао је изменом софтвера, увођењем додатног сензора, и у вишој истанци – ревизијом комплетног процеса FAA (*Federal Aviation Administration*) сертификације.

Најскорији револуционарни проналазак у авијацији, настао консолидацијом AI и роботике је хуманоидни робот (пилот Пибот), способан да самостално контролише процес летења, који је развио Корејски институт за напредне науке и технологију. Користећи предности AI, Пибот је дизајниран да пружи подршку пилоту у екстремним ситуацијама, а очекује се да ће се у наредним годинама остварити потпуна функционалност овог робота-пилота.

Управо кроз AI технологију, могу се запазити значајне промене у свету авијације. Иако на почетку, оне се већ уочавају, а напредне AI технологије, као што су функције ауто-пилота, драстично мењају будућност авио индустрије. Међутим, идеја да AI у потпуности замени људе/пилоте, још увек је у повоју. Али, можемо закључити – адекватно коришћење AI, значајно ће побољшати оперативност и пословање у сектору авио индустрије.

**Кључне речи:** авијација, вештачка интелигенција, машинско учење, модел дубоког учења, сајбер безбедност, *E-enabled* авион, ADS-B, спуфинг



Језички модели

## Језички модел за анализу српског формалног језика у законодавству – SRBerta

Јелена Коцић<sup>1</sup>, Милош Богдановић<sup>2</sup>, Леонид Стоименов<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Електронски факултет, Универзитет у Нишу, tosic.jelena@elfak.rs

<sup>2</sup>Електронски факултет, Универзитет у Нишу, milos.bogdanovic@elfak.ni.ac.rs

<sup>3</sup>Електронски факултет, Универзитет у Нишу, leonid.stoimenov@elfak.ni.ac.rs

**Апстракт.** Лектура формалног језика у званичним документима је специфичан изазов који захтева доменско знање везано за граматичка, лексичка, али и формална правила која се користе у оквиру језика специфичног за појединачни домен употребе. Посебан део претходног проблема односи се на проверу правилне употребе формалног језика при креирању законодавних текстова. Такви задаци се делегирају специјалистима и доменским експертима, чији би свакодневни рад могао бити олакшан развојем софтверских алата за ове специфичне сврхе.

Крајњи циљ, који је уједно и највећи изазов, јесте да машина разуме језик. Да би машина научила одређени језик, она мора да разуме, не само речи и правила која се користе у одређеном језику, већ и контекст реченица и значење које речи попримају у одређеном контексту. У експерименталном развоју који смо спровели, циљ језичког модела који смо развили - SRBerta, био је разумевање формалног језика српских правних докумената.

У 2018. години, Google Research AI тим је представио архитектуру вештачке неуронске мреже BERT (Bidirectional Encoder Representation from Transformer), постављајући 2 циља: маскирано језичко моделовање и предвиђање следеће реченице. Почевши од BERT архитектуре, 2019. године Meta AI тим је представио RoBERTa (Robustly optimized BERT pretraining approach), мрежу оптимизовану за задатак маскираног језичког моделовања. SRBerta је настала на бази RoBERTa архитектуре, при чему је обука SRBerta мреже за задатак разумевања формалног језика српског законодавства спроведена у две фазе.

У првој фази, OSCAR скуп података је коришћен за обуку SRBerta мреже. OSCAR је велики скуп отворених података креираних коришћењем лингвистичке класификације над подацима из Common Crawl корпуса. Скуп података који смо користили састојао се од 645.747 текстова. Евалуација SRBerta мреже је извршена коришћењем 10% података претходно екстрахованих из OSCAR скупа података. Тестни скуп података састојао се од 60.000 улазних секвенци, односно малих текстова на српском језику. Извршено је насумично маскирање 15% токена у свакој секвенци. Резултати евалуације након прве фазе показују да модел SRBerta конвергира око вредности тачности од 73%.

У другој фази, SRBerta је фино подешена коришћењем великог броја доступних законских текстова. Подаци су прикупљени из Правно-информационог система Републике Србије. Ови

законски текстови, од којих сваки има између 12 и 15 мегабајта података, морали су бити припремљени, односно претходно обрађени, на мало специфичнији начин, са циљем генерисања што већег броја улазних секвенци. На крају процеса процесирања и након креирања улазних секвенци (тензора), креираних на сличан начин као у процесу иницијалне обуке мреже за српски језик, креиране су маскиране улазне секвенце за обуку, укупне величине 10.266.

Извршена су четири циклуса финог подешавања, при чему је најбоља измерена вредност за метрику тачности била 84,8%. Мрежа SRBerta је у финалном тестирању остварила тачност од чак 84,8% на задатку маскираног језичког моделовања законских текстова и тиме доказала изводљивост креирања оваквог алата заснованог на претходно дефинисаним принципима обраде природног језика.

На основу свега наведеног, развојем и тестирањем се закључује да је могуће постићи висок ниво тачности (индустријски прихватљив од преко 90% тачности), при чему је једини предуслов довољно квалитетан и велики скуп података и одговарајућа физичка архитектура система на коме се изводи процес тренинга модела.

**Кључне речи:** језички модел, српски језик, законодавство, трансформер мреже



Екологија и пољопривреда

## Примена модела вештачких неуронских мрежа за процену зависности присуства ксенобиотика и макроинвертебрата у речним системима

<sup>1</sup>Ивана Кртолица, <sup>1</sup>Илија Каменко, <sup>2</sup>Момир Пауновић, <sup>2</sup>Маја Раковић, <sup>2</sup>Наташа Поповић, <sup>2</sup>Ана Атанацковић, <sup>1</sup>Макс Таланов

<sup>1</sup> Институт за вештачку интелигенцију, Фрушкогорска 1, 21000 Нови Сад, Србија

<sup>2</sup> Институт за биолошка истраживања "Синиша Станковић", Булевар деспота Стефана 142, 11108 Београд

**Апстракт.** Процена еколошког статуса великих река, као што је Дунав, представља изазован задатак у области мониторинга речних система. Ксенобиотици, хазардне супстанце антропогеног порекла, у које спадају пестициди и полициклични ароматични угљоводоници, представљају озбиљну претњу за водене екосистеме и значајно утичу на структуру популације макроинвертебрата. Развијање методологије која има способност да брзо и са значајном прецизношћу предиктује еколошки статус речног система на основу концентрационих нивоа ксенобиотика и структуре макроинвертебрата представља значајан допринос у области инжењерства заштите животне средине.

У овом раду су представљени бенефити примене модела вештачких неуронских мрежа (ВНМ) на подацима издвојених из скупа података сакупљених током трећег Заједничког истраживања Дунава у циљу прецизне процене еколошког статуса речног система на основу присуства одређених ксенобиотика и макроинвертебрата. Структура заједнице макроинвертебрата у речним системима представља прецизан биомаркер са потенцијалом раног показатеља хемијског стреса. Примена *in situ* биоаналитичких техника и биомаркера за процену ризика пружа ефикасну стратегију за суочавање са овим изазовом. Према Оквирној Директиви о водама макроинвертебрата су званични биолошки параметри за процену еколошког статуса речних система са различитим одговорима на хемијски стрес. Користећи моделе вештачке интелигенције који интегрише напредне архитектуре неуронских мрежа, као што су четворослојни перцептрон (енгл. 4 Layer Perceptron), ЛСТМ (енгл. Long Short-term Memory) и Трансформер неуронске мреже, постигли смо изузетну прецизност у одређивању еколошког статуса реке Дунав интеракцијом биолошких и хемијских параметара. Концентрациони нивои ксенобиотика, претежно класификованих као пестициди, као што су 2,4 – динитрофенол, хлорокурон, бромацил, флуорантен и бентазон су у снажној корелацији са присуством одређених заједница макроинвертебрата у сливу реке Дунав. Развијени модели вештачких неуронских мрежа, по један за сваки тип ксенобиотика, показали су велику тачност у процени еколошког статуса реке Дунав и показали се као ефикасни, економични и одрживи алати за предвиђање еколошког статуса река са детерминисаном структуром макроинвертебрата. На основу вредности средње квадратне грешке, ЛСТМ модел

вештачких неуронских мрежа дао је најбоље перформансе у процени еколошког статуса Дунава користећи концентрације 2.4 – динитрофенола и бентазона, као излазне варијабле, и структуру заједнице макроинвертебрата као улазне варијабле. Комбиновањем концентрационих нивоа 2.4 – динитрофенола и флуорантена као излазних варијабли, најбоље предикционе перформансе дао је модел четворослојни перцептрон. У процесу моделовања еколошког статуса на основу детектованих концентрационих нивоа бромацила и флуорантена у односу на структуру макроинвертебрата, најбоље предикционе перформансе показао је модел вештачких неуронских мрежа Трансформер типа. Развијени модели вештачких неуронских мрежа имају потенцијал за примену у процени еколошког статуса других лотичких система, као и у различитим комбинацијама улазних и излазних параметара који задовољавају већ познате зависности биолошких и хемијских параметара.

**Кључне речи:** ксенобиотици, макроинвертебрате, вештачке неуронске мреже, еколошки статус Дунава



Језички модели

## Етимологија српског језика и вештачка интелигенција

Ненад Крџавац<sup>1</sup>

<sup>1</sup> nenad.krdzavac@gmail.com

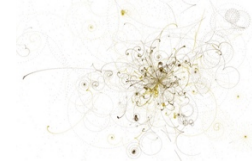
**Апстракт.** У овом раду се предлаже архитектура графа знања за етимологију речи из српског језика. Етимологија српског језика је научна дисциплина која проучава порекло речи из српског језика као и етимолошку везу речи из српског језика са речима из других језика, укључујући и етимолошку везу са речима из латинског језика. Граф знања је у суштини „усмерени и означени граф у којем је знање представљено помоћу чворова и веза између чворова“. Граф знања за етимологију речи из српског језика би се конструисао коришћењем техника машинског учења и OWL2 језика за представљање знања. Граф знања треба објединити (unifying) са chatGPT алатом као знање које би служило овом алату, на пример, за конзистентно описивање етимологије речи из српског језика.

Добро познати chatGPT алат има способност да опише етимологију за неке речи из српског језика, али то ради погрешно у смислу да опис етимологије дате речи из српског језика своди на опис етимологије полазне речи на речи из неког другог језика. Овај приступ је погрешан јер за дату реч из српског језика чију етимологију алат описује постоји доста речи у српском језику изведених из дате речи а да те речи не постоје у језику на чију етимологију се своди опис полазне речи. За неке речи из српског језика, попут речи Етрурци, алат одговара да не може описати њихову етимологију. Да би chatGPT вер. 3.5 конзистентно описивао етимологију речи из српског језика требало би да користи предложени модел графа знања за етимологију речи из српског језика. У овом експерименту нису коришћени други алати слични chatGPT ради провере способности описивања етимологије речи из српског језика. То ће бити део будућег рада у овом истраживању.

Предложени граф знања за српски језик би имао велику примену у анализи и разумавању промена речи (енглески појам : terms) кроз време у сервисима за терминологије, аутоматским поравнањима (енглески појам: ontology alignment) између различитих база знања за етимологије речи, као и конструкцији нових база знања за етимологије речи у другим језицима различитим од српског језика.

**Кључне речи:** база знања, граф знања, chatGPT, етимологија српског језика





Вештачка интелигенција  
и енергетика

## Динамичка реконфигурација напајања дистрибутивне мреже заснована на учењу подстицајем

Огњен Кундачина<sup>1</sup>, Предраг Видовић<sup>2</sup>, Милан Петковић<sup>2</sup>

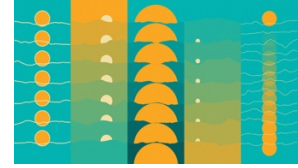
<sup>1</sup> Истраживачко-развојни институт за вештачку интелигенцију Србије, ognjen.kundacina@ivi.ac.rs

<sup>2</sup> Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, pvidovic@uns.ac.rs

**Апстракт.** Реконфигурација напајања дистрибутивне мреже (РНДМ) је један од најважнијих алгоритама за оптимизацију рада дистрибутивне мреже. У општем облику, РНДМ минимизује циљну функцију, која укључује губитке активне снаге и девијације напона од номиналних вредности, променом топологије мреже уз манипулације прекидачким уређајима. Статичка РНДМ дефинише се као реконфигурација која се врши у унапред дефинисаном тренутку, са фиксним вредностима производње и потрошње. У традиционалним дистрибутивним мрежама са ниским нивоима аутоматизације, где се обрасци потрошње корисника мењају само сезонски, статичка РНДМ обично се спроводи неколико пута годишње. Због повећане динамике производње и потрошње, изазване контролисаним потрошачима и обновљивим изворима енергије, јавља се потреба за чешћом и флексибилнијом РНДМ. Динамичка реконфигурација напајања дистрибутивне мреже (ДРНДМ) оптимизује циљну функцију РНДМ у оквиру одређеног временског интервала проналажењем оптималних тренутака када је потребно извршити РНДМ. ДРНДМ је омогућена повећаним нивоима аутоматизације мреже, будући да се честе промене у топологији мреже не могу брзо извршити мануелно.

Дубоко учење подстицајем (ДУП) је оптимизациони метод заснован на дубоком учењу, који оптимизује секвенцу управљачких акција апстрактног агента у стохастичном окружењу, уз додељивање награда и казни у сваком кораку. Главна предност ДУП у односу на стандардне методе оптимизације јесте брзина извршења једном обученог модела, која се своди на брзину извршења низа множења матрица и вектора. Због овога је ДУП погодно применити у проблемима који захтевају извршење у реалном времену, или где је брзина извршења од критичне важности. Циљ овог рада је обука и евалуација алгорита за ДРНДМ заснованог на ДУП на подацима који су синтетички изгенерисани у оквиру три дистрибутивне мреже различитих величина. У поређењу са до сада коришћеним методима, предложени алгоритам показује приближне или боље вредности циљне функције, уз смањено време потребно за извршење алгорита.

**Кључне речи:** Дистрибутивне мреже, учење подстицајем, динамичка реконфигурација напајања дистрибутивне мреже



Вештачка интелигенција  
и финансије

## Алгоритамско трговање вођено анализом расположења – Кретање крозгеополитичке кризе

Петар Лакчевић<sup>1</sup>,

<sup>1</sup> Факултет организационих наука, Катедра за софтверско инжењерство, Универзитет у Београду, petar.lakcevic@fon.bg.ac.rs

**Апстракт.** Ово истраживање се бави корисношћу анализе сентимента у области трговине на берзи, посебно током периода обележених геополитичким превратима. Основни циљ ове студије био је да се утврди да ли се анализа сентимента, посебно када се комбинује са људском интуицијом, може показати ефикасном током турбулентних геополитичких времена. Методологија истраживања обухватала је праћење одабраних берзанских ознака различитих стратешких ресурса као што су војни произвођачи, нафта, злато и сребро на новинским сајтовима и форумима. Користећи технике обраде природног језика, алгоритам је на дневном нивоу класификовао сентимент сваке берзанске ознаке у категорије: веома негативан, негативан, неутралан, позитиван или веома позитиван. На основу ових категорија доношене су одлуке у трговању.

Учинак овог алгоритма је упоређен са S&P 500 током текућих „бурнијих“ година а затим ретроактивно упоређен са његовим перформансама током стабилнијих година. Поред тога, треба напоменути да анализа сентимента омогућава корисницима да анализирају значајно већи број субјеката трговине него што би то било изводљиво ручно, међутим, ова експанзивна способност није у потпуности искоришћена током тестирања. Резултати сугеришу да анализа сентимента, када је упарена са људском стручношћу, може понудити видна побољшања у исходима трговине током нестабилних геополитичких фаза. Ова предност може произаћи из ефикасности анализе сентимента у обради огромног броја података, бележећи промене расположења тржишта током динамичних времена и дајући јој предност у односу на традиционалне индексе као што је S&P 500.

**Кључне речи:** анализа сентимента, трговање, обрада природних језика



Вештачка интелигенција  
и медицина

## Verif.ai: Напредни систем верификације одговора генеративних језичких модела у биомедицинском домену

Адела Љајић<sup>1</sup>, Милош Кошпрдић<sup>1</sup>, Бојана Башарагин<sup>1</sup>, Дарија Медвеcki<sup>1</sup>, Никола Милошевић<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Истраживачко-развијни институт за вештачку интелигенцију Србије

<sup>2</sup> Bayer AG, Немачка

{adela.ljajic | milos.kosprdic | bojana.basaragin | darija.medvecki | nikola.milosevic}@ivi.ac.rs

**Апстракт.** Велики језички модели су направили револуцију у области обраде природних језика, омогућивши врхунске резултате за већину задатака уз знатно мање ресурса. Генеративни језички модели (LLaMA, GPT...), који су доступни за употребу и крајњим корисницима, имају потенцијал да трансформишу начин рада крајњег корисника повећавајући његову продуктивност, као и начин на који проналази информације. Премда су такви модели тренирани на великим језичким базама, у одређеним ситуацијама долази до појаве халуцинација, нарочито (1) када корисничко питање није адекватно формулисано и (2) када, у вези са корисничким питањем, немају довољно конкретних података на којима су до тада тренирани. Будући да у највећем броју случајева одговори задовољавају сва синтаксичка, семантичка, али и прагматичка правила одређеног језика, а нису чињенично утемељени, ово представља својеврсну опасност приликом кориштења ових модела, нарочито у конкретним областима попут биомедицине.

Пројекат *Verif.ai* има за циљ да развије систем који би проверавао тачност чињеница у одговорима из биомедицинског домена које дају генеративни језички модели и поткрепљивао одговоре одговарајућим референцама, чиме би се значајно смањио ризик од ширења нетачних или обманујућих информација. *Verif.ai* би додатно смањио потребу за ручним проверавањем информација, унапредио ефикасност и смањио оперативне трошкове. Давањем проверених и поузданих одговора, систем ће повећати поверење јавности у генеративне моделе, што ће даље водити оснаживању односа између корисника и чланова заједнице која се бави вештачком интелигенцијом.

Као изворе знања из области биомедицине *Verif.ai* ће користити репозиторијуме *PubMed*, *MEDLINE* и *Open Targets*, будући (1) да су јавно доступни, (2) да представљају референтне и обимне базе знања из области биомедицине и (3) да се континуирано обнављају и надограђују новим подацима. Подаци (наслови и апстракти чланака) и метаподаци (попут године издавања, часописа, аутора и релација из графова знања) из ових репозиторијума користиће се за креирање и обогаћивање индексираних векторске базе уз помоћ модела

семантичке претраге заснованих на дубоком учењу. Формирање векторске базе омогућава повраћај информација (енгл. *information retrieval*) и претрагу у реалном времену, те служи за референцирање података.

Питања корисника би се такође претварала у векторе за које би се у оквиру претходно формиране векторске базе знања проналазили најрелевантнији референцирани одговори, који би, заједно са питањем, били уобличени (енгл. *prompt engineering*) као улаз у генеративни језички модел. Овакав поступак има за циљ да фокусира и контекстуализује одговоре које модел генерише (енгл. *retrieval augmented generation*) и представља први корак у смањењу халуцинација модела. Добијени одговори би се у наредној фази упоређивали са одговорима из базе помоћу додатног модела за утврђивање текстуалне имплицираности (енгл. *textual entailment*), и тек би се након ове провере враћали кориснику. Повратне информације корисника би такође, као део колективног знања, служиле за даље унапређивање перформанси система.

Развијени модел би се даље могао примењивати и за друге домене где су чињенично тачне информације од пресудног значаја. Систем који обезбеђује тачност и проверљивост генерисаних одговора може значајно допринети напретку у верификовању хипотеза изведених из реалних података, сумаризацији правних и научних докумената, унапређењу радних процеса у индустрији, итд.

Пројекат *Verif.ai* заједно спроводе *Институт за вештачку интелигенцију Србије* и развојни сектор компаније *Bayer*. Пројекат је одобрен и финансиран на другом позиву ЕУ пројекта *Next Generation Internet Search* (број гранта 101069364) и са реализацијом се кренуло у септембру 2023. године.

**Кључне речи:** верификација одговора, генеративни језички модели, семантичка претрага, биомедицински текстови



Обрада природног језика

## Квантитативна анализа текстова генерисаних од стране „ChatGPT“ и од стране људи

Драгица Љубисављевић<sup>1</sup>, Марко Копривица<sup>2</sup>, Александар Костић<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup>Факултет организационих наука, Катедра за софтверско инжењерство, Универзитет у Београду, Јове Илића 154, Београд, Србија, dragica.ljubisavljevic@fon.bg.ac.rs

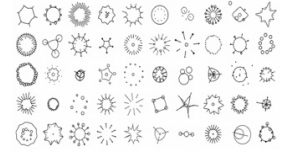
<sup>2</sup>Факултет организационих наука, Катедра за софтверско инжењерство, Универзитет у Београду, Јове Илића 154, Београд, Србија, marko.koprivica@hotmail.com

<sup>3</sup>Српска академија наука и уметности, Кнеза Михаила 35, Београд, Србија

<sup>4</sup>Филозофски факултет, Одељење за психологију, Универзитет у Београду, Чика-Љубина 18-20, Београд, Србија, akostic@f.bg.ac.rs

**Апстракт.** Циљ овог истраживања је да укаже на разлике између текстова написаних од стране људи и текстова генерисаних од стране „ChatGPT“, четбота заснованог на генеративним претренираним трансформерима, високо развијеном језичком моделу базираном на вештачкој интелигенцији. За спровођење квантитативне анализе ових текстова, развија се веб апликација која користи приступ из постојеће десктоп апликације. Приступ који је коришћен у истраживању темељи се на основним концептима теорије информација. Процес анализе укључује токенизацију улазног текста и рачунање фреквенције токена, вредности ентропије и Шенонове једнакости. Извршен је експеримент над есејима које су написали студенти као део својих академских обавеза. Паралелно са тим, „ChatGPT“ је генерисао текстове на исту тему као студентски радови. Резултати указују да Шенонова једнакост може потенцијално бити фактор који разликује текстове које пишу људи од оних које генерише „ChatGPT“. Додатно, генерисане су различите врсте графикона за визуализацију података. У раду су приказане разлике у најчешће коришћеним токенима путем различитих графичких приказа. Целокупно истраживање пружа дубљи увид у примену теорије информација и квантитативних метода анализе текста како би се истражиле разлике између две врсте текстова, са потенцијалом за даље унапређење разумевања и идентификације ових разлика.

**Кључне речи:** Шенонова једнакост, обрада природних језика, четбот „ChatGPT“



Вештачка интелигенција  
и образовање

## Аутоматско решавање конструктивних проблема у геометрији

Весна Маринковић<sup>1</sup>, Милан Банковић<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Математички факултет, Универзитет у Београду, vesna.marinkovic@matf.bg.ac.rs

<sup>2</sup> Математички факултет, Универзитет у Београду, milan.bankovic@matf.bg.ac.rs

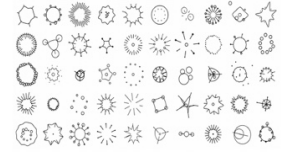
**Апстракт.** Конструктивни проблеми у геометрији су одувек заузимали значајно место у математичком образовању. У типичној поставци оваквих проблема потребно је коришћењем лењира и шестара конструисати дату геометријску фигуру ако су познати неки њени елементи. На пример, потребно је конструисати троугао  $ABC$  ако је дато његово теме  $A$ , центар описаног круга  $O$  и ортоцентар  $H$ . Овакви проблеми су одувек представљали својеврсни изазов за математичаре, из разлога што је сваки проблем специфичан и захтева неко специфично геометријско знање, а за многе такве проблеме је чак доказано да нису решиви.

Са друге стране, за оне који се баве рачунарством, главни изазов при решавању конструктивних проблема је аутоматизација процеса решавања. Наиме, циљ је развити алгоритам који ће за задати конструктивни проблем аутоматски одредити низ елементарних конструктивних корака којим се полазећи од датих елемената конструише тражена фигура. Са рачунарског аспекта, овакви проблеми спадају у проблеме претраге и могу се решавати методама вештачке интелигенције. Притом, простор претраге је обично веома велики, што представља додатни изазов када је у питању ефикасност саме претраге. У овом излагању биће приказани главни резултати у овој области које су аутори овог излагања постигли у претходном периоду. Биће размотрена два различита приступа:

- први приступ подразумева развој специфичног алгоритма претраге за решавање конструктивних проблема. Предност овог приступа је флексибилност и могућност развоја и тестирања различитих хеуристика приликом претраге које су прилагођене конкретном проблему који се разматра. Са друге стране, развој оваквог алгоритма може захтевати много програмерског труда и вештине, како би добијени алгоритам био исправан и ефикасан.
- други приступ подразумева употребу постојећих алата вештачке интелигенције који су веома ефикасни у решавању проблема комбинаторне претраге уопште. На овај начин се ослобађамо напорног посла програмирања, тестирања, оптимизације и исправљања грешака и можемо се фокусирати на прикупљање, систематизацију и моделовање геометријског знања потребног за аутоматско решавање конструктивних проблема из одређене класе. Са друге стране, принуђени смо да готове алате користимо као црне кутије, без много могућности подешавања њиховог понашања и прилагођавања конкретном домену примене.

Када је први приступ у питању, фокус излагања биће на аутоматском решавачу конструктивних проблема *ArgoTriCS*, развијеном у програмском језику *Prolog*. Што се тиче другог приступа, размотрићемо употребу решавача ограничења над коначним доменима и моделовање конструктивних проблема у језику *MiniZinc*. Ова два приступа биће упоређена на Верниковом корпусу конструктивних проблема, а који се тичу конструкције троуглова, под претпоставком да су дате локације трију значајних тачака троугла.

**Кључне речи:** конструктивни проблеми, алгоритми претраге, решавачи ограничења



Вештачка интелигенција  
и образовање

## Едукативни системи за аутоматско решавање конструктивних проблема у геометрији

Весна Маринковић<sup>1</sup>, Филип Марић<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Математички факултет, Универзитет у Београду,  
{vesna.marinkovic, filip.maric}@matf.bg.ac.rs

**Апстракт.** Конструкције коришћењем лењира и шестара чак и данас, уз помоћ рачунара, представљају изазов за аутоматизацију. Са друге стране, решавање конструктивних задатака је вековима део математичког образовања и пожељно је изградити едукативни систем који би студентима помагао приликом решавања овог типа задатака, предлагањем наредног корака или генерисањем комплетног решења аутоматски. Циљ овог предавања је да прикаже различите изазове са којима смо се сусретали током претходних година рада на аутоматском решавању конструктивних задатака и да илуструје различите резултате до којих смо дошли.

Решавање конструктивних задатака се традиционално састоји од четири фазе: анализе, конструкције, доказа и дискусије. У фази анализе се уочавају услови који важе за фигуру која се конструише, у фази конструкције се одређује низ конструктивних корака којим се полазећи од датих елемената конструише тражена фигура, у фази доказивања се доказује да конструисана фигура задовољава спецификацију проблема, док се у фази дискусије дискутује када решење постоји и да ли је јединствено. Свака од ових фаза је веома важна у образовном контексту, а при аутоматском решавању свака од њих носи неке изазове и захтева посебну пажњу.

За аутоматизацију фазе анализе било је потребно идентификовати, систематизовати и класификовати геометријско знање потребно за решавање конструктивних проблема из разматраног корпуса. Поред еуклидске геометрије, разматрали смо и конструкције у апсолутној и хиперболичкој геометрији.

На основу идентификованог знања развијен је систем за аутоматско решавање конструктивних проблема ArgoTriCS, који за дати конструктивни проблем аутоматски генерише опис конструкције, илустрацију и динамичку визуелизацију. За образовне сврхе је вероватно још важније обезбедити могућност навођења при решавању, у виду сугерисања наредног корака у конструкцији, неке важне геометријске леме коју треба искористити, неког важног објекта који као наредни треба конструисати и сл. На овај начин учење математике постоје интерактивни процес у коме учесник има активну улогу.

Доказивање исправности конструкције је важно јер једино на тај начин можемо бити сигурни у њену коректност. Исправност аутоматски генерисане конструкције у систему ArgoTriCS могуће је доказати коришћењем алгебарских доказивача теорема. Ови



доказивачи су ефикасни, али као резултат не дају нити читљиве, нити формалне доказе. С обзиром да је превасходна намена овог система баш у образовању, налазимо да је изузетно важно имати читљиве, синтетичке доказе коректности, што се може постићи коришћењем доказивача за кохерентну логику.

Аутоматизација фазе дискусије би укључивала разматрање услова недегенерисаности добијених од доказивача и превођење ових услова у потребне и довољне услове за постојање решења, формулисане искључиво над задатим објектима.

**Кључне речи:** конструкције лењиром и шестаром, едукативни софтвер, доказивање теорема



Вештачка интелигенција  
и медицина

## Примена машинског учења у епидемиолошком моделирању: анализа глобалних фактора ризика ковида-19

Софија Марковић<sup>1</sup>, Анђела Родић<sup>1</sup>, Огњен Милићевић<sup>2</sup>, Игор Салом<sup>3</sup>, Магдалена Ђорђевић<sup>3</sup>, Марко Ђорђевић<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Група за квантитативну биологију, Институт за физиологију и биохемију, Биолошки факултет, Универзитет у Београду, sofija.markovic@bio.bg.ac.rs

<sup>2</sup> Одељење за медицинску статистику и информатику, Медицински факултет, Универзитет у Београду

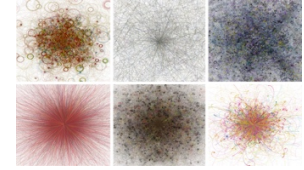
<sup>3</sup> Институт за физику Београд, Национални институт Републике Србије, Универзитет у Београду

**Апстракт.** Пандемија ковида-19, колико год погубна била по човечанство, отворила је врата многим новим приступима у епидемиолошком моделирању. Док су у прошлости одељачки епидемиолошки модели и епидемиолошке студије еколошког дизајна биле широко примењиване у моделовању епидемија, велика количина података доступна за ковид-19 дала је простор софистициранијим методама машинског учења. Комбинација динамичког моделирања, које даје мере прогресије болести независне од политике и обима тестирања, регресија машинског учења и метода редукције димензионалности података омогућава издвајање глобалних фактора ризика од ковида-19 од великог броја међусобно корелисаних демографских, срединских и здравствених предиктора. Почевши од нашег модела прогресије ковида-19 у популацији, заснованог на SEIR одељачком епидемиолошком моделу, изводимо меру преносивости болести, коју потом користимо као излазну варијаблу у неколицини регресија машинског учења, како бисмо сузили велики број потенцијалних фактора ризика на само неколико обећавајућих предиктора. Док наши модели успешно селекују факторе тежине прогресије познате из клиничких студија, такође упућују на неке од фактора који таквим студијама не могу бити идентификовани, као што су загађење ваздуха и густина популације. Идентификација ових фактора може помоћи доносиоцима одлука у формулисању што ефективније епидемиолошке политике.

У нашем истраживању, одлазимо и корак даље и покушавамо да утврдимо разлику између главних фактора преносивости вируса током првог таласа ковида-19 и каснијег таласа изазваног Омикрон сојем. У нашим анализама, користимо регресионе технике засноване на регуларизацији, као и две нелинеарне методе засноване на ансамблима стабала одлучивања, *Random Forest* и *Gradient Boost*. Све ове методе примењујемо кроз два круга регресије, како бисмо смањили шум и на тај начин робусно идентификујемо млађу популацију и ранији почетак епидемије у датој земљи као главне факторе преносивости, праћене ранијом природном имунизацијом и транзитном мобилношћу становништва.

Коначно, поређењем селектованих предиктора између различитих континената, закључујемо да су, према нашем моделу, Афричке земље биле вероватни кандидати за појаву новог соја ковида-19. Наше методе могу лако бити генерализоване и коришћене у анализи потенцијалних будућих епидемија, док фактори ризика које смо издвојили као релевантне такође могу бити од користи у припреми за такве догађаје.

**Кључне речи:** регресионе методе машинског учења, ковид 19, еколошки епидемиолошки модели, *Random Forest*, *Gradient boosting*



Теорија вештачке  
интелигенције

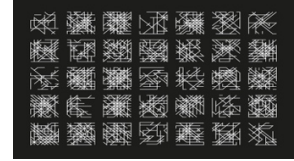
## Усмеравање обуке неуронских мрежа коришћењем метахеуристичких техника

Лука Матијевић<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Математички институт Српске академије наука и уметности, luka@mi.sanu.ac.rs

**Апстракт.** Током последњих неколико година, машинско учење, посебно неуронске мреже (NN), привукле су пуно пажње због својих практичних примена. Обука NN је кључан корак у стварању модела који може да прави тачна предвиђања на основу података. Током процеса обуке NN, циљ је одредити оптималне вредности за интерне параметре тако да мрежа може добро да предвиђа резултате на тест подацима користећи специфичну метрику. Најчешћи метод обуке NN укључује коришћење оптимизатора базираног на градијентном спусту, који ажурира параметре на основу датих података у свакој епохи. Овај рад истражује коришћење метахеуристика за усмеравање целокупног процеса обуке. Идеја је идентификовати обећавајуће области простора претраге и користити оптимизатор заснован на градијентном спусту у овим регионима као процедуру локалне претраге. Користили смо метахеуристике као што су Метода Променљивих Околина (VNS) и Меметски алгоритам (МА) у процесу обуке NN. Тестирали смо њихове перформансе на јавно доступним скуповима података за класификацију, користећи тачност класификације као евалуациону метрику. Кроз анализу и упоређивање метода VNS и МА, утврдили смо да МА метод у просеку достиже резултате који су за 12.43% бољи, а у неким случајевима и до 18.42% бољи у односу на оне које достиже VNS. У односу на традиционалну методу, МА је показао супериорност достижући у просеку за 15.85% боље резултате, а у екстремним случајевима остварује побољшање чак и до 39.68%.

**Кључне речи:** Машинско учење, Комбинаторна оптимизација, Тачност класификације, Метода променљивих околина, Меметски алгоритам



Вештачка интелигенција  
и наука

## Гис и вештачка интелигенција

Матија Милић<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Географски факултет, Универзитет у Београду, jumpermaki@gmail.com

**Апстракт:** Настала као резултат конвергенције ГИС-а и вештачке интелигенције, геопросторна вештачка интелигенција (GeoAI) је ново интердисциплинарно научно поље са широком применом у различитим областима које захтевају прикупљање, анализу и обраду просторних података. Методе вештачке интелигенције имају способност предвиђања дистрибуције просторних варијабли унутар ГИС-а, као једног од проблема који је најчешће присутан у просторним анализама. Највише примена међу методама вештачке интелигенције у ГИС-у имају вештачке неуронске мреже (ANNs) и расплнута логика (fuzzy logic). Даљинска детекција је најчешће коришћена техника у GeoAI истраживањима, након чега следе Велики подаци и подаци ин-ситу (Song et al, 2023). Теорија расплнутих скупова је уведена у ГИС да би се добила већа флексибилност и ефикасније руковање приликом обраде непрецизних просторних информација, као и ради управљања карактеристикама нелинеарности. Међу главним циљевима GeoAI пројеката су: побољшање приступа селекцији у просторним обрасцима, процена предиктивне тачности и прикладности технике просторног моделирања независно и као интегрисаних модела за различите скупове података и стицање увида у важне просторне функције и процесе.

У овом раду су критички разматране везе између вештачке интелигенције и географских информационих система, као и њихова интеграција. Рад резимира различите карактеристике и својства ГИС-а и вештачке интелигенције унутар GeoAI области и идентификује даље правце и кораке у изучавању географске информационе науке. Основни циљ истраживања је да укаже на природу повезаности вештачке интелигенције и ГИС-а, као и на примену вештачке интелигенције у ГИС-у на почетку XXI века. Селективни преглед грађе која се односи на актуелну примену геопросторне вештачке интелигенције укључује следеће области: урбану географију, саобраћај, здравствену заштиту, заштиту животне средине, туризам и војни сектор. За истраживање је коришћен одабрани узорак научних публикација доступних за отворени приступ на Интернет сајту Google Академик. Селекција грађе урађена је према критеријуму значаја за тему рада, према степену категоризације научних радова и референтности часописа у којима су публиковани. Рад је прегледног карактера. Примењене су методе: дескриптивна, аналитичко-синтетичка и текстуална метода.

**Кључне речи:** ГИС, вештачка интелигенција, GeoAI



Екологија и пољопривреда

## Примена Gradient Boosting модела за предикцију нивоа емисије прашкастих материја из термоелектране „Колубара”

Александар Милићевић<sup>1</sup>, Зоран Марковић<sup>1</sup>, Милић Ерић<sup>1</sup>, Срђан Белошевић<sup>1</sup>, Милета Жарковић<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Лабораторија за термотехнику и енергетику, Институт за нуклеарне науке „Винча” - Институт од националног значаја за Републику Србију, Универзитет у Београду, amilicevic@vin.bg.ac.rs

<sup>1</sup>Лабораторија за термотехнику и енергетику, Институт за нуклеарне науке „Винча” - Институт од националног значаја за Републику Србију, Универзитет у Београду, zoda\_mark@vin.bg.ac.rs)

<sup>1</sup>Лабораторија за термотехнику и енергетику, Институт за нуклеарне науке „Винча” - Институт од националног значаја за Републику Србију, Универзитет у Београду, milic@vin.bg.ac.rs

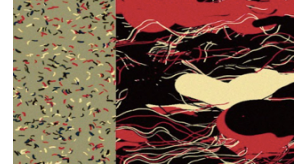
<sup>1</sup>Лабораторија за термотехнику и енергетику, Институт за нуклеарне науке „Винча” - Институт од националног значаја за Републику Србију, Универзитет у Београду, v1belose@vin.bg.ac.rs

<sup>2</sup> Електротехнички факултет, Универзитет у Београду, mileta@etf.rs

**Апстракт.** У термоелектранама „Електропривреда Србије” (ЕПС-а) произведе се око 70% електричне енергије у Републици Србији, у највећој мери добијене сагоревањем угља као основног горива. При сагоревању угља ослобађају се загађујуће материје у атмосферу, које у одређеним концентрацијама веома штетно делују на људски организам, биљни и животињски свет. Због тога су донети прописи о заштити животне средине којима се дефинишу вредности гранично дозвољене концентрације емисије штетних материја. Добром контролом производног процеса помоћу поуздано развијених софтвера вештачке интелигенције, може се остварити не само економска уштеда смањењем утrophка топлотне и електричне енергије већ и еколошки допринос смањењу загађујућих материја. Уочено је да постоји потреба за развојем поузданих софтверских алата за предвиђање нивоа емисија загађујућих материја у ваздух из домаћих термоенергетских постројења услед сагоревања спрашеног угља у котловским блоковима. Овај рад је имао за циљ да се, на основу резултата експерименталних испитивања које у оквиру дугогодишње сарадње са ЕПС спроводи Лабораторија за термотехнику и енергетику Института „Винча”, развије модел машинског учења за предвиђање емисија прашкастих материја из термоелектране „Колубара” Огранка ТЕНТ. Коришћен је Gradient Boosting модел машинског учења помоћу scikit-learn Python програма. Модел за улазне параметре има вредности техничке анализе лигнита, снаге термоенергетског блока и продукције паре, док излазни параметар представља ниво емисије прашкастих материја у ваздух из термоелектране „Колубара”. У

методологији развоја Gradient Boosting модела примењена је петострука унакрсна валидација и решеткасто претраживање ради добијања оптималних параметара модела. Развијени модел машинског учења уз одговарајуће адаптације може бити основа за увођење овог технолошког решења у постројења ЕПС-а у циљу постизања еколошки ефикаснијег рада термоелектране.

**Кључне речи:** термоелектрана, машинско учење, Gradient Boosting, експериментално истраживање, емисија прашкастих материја



Вештачка интелигенција  
и етика / право

## Правне импликације развоја вештачке интелигенције на националном и глобалном нивоу и повећање ефикасности правосудних система имплементацијом вештачке интелигенције

Зоран Миљаковић<sup>1</sup>, Александар Миљаковић<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Адвокатска канцеларија Зорана Миљаковића, zmiljakovic@gmail.com, office@defendme.global, miljakovica@msn.com

**Апстракт.** Друштвене промене у националним оквирима, глобализација у свим сегментима и развој ИТ сектора су толико динамични последњих 10 година да правосудни системи не могу да прате ове промене. То доводи до тога да сајбер криминал расте невероватном брзином на глобалном нивоу. Кривични и грађански поступци како су сада постављени на националним нивоима овај раст не могу да прате. Највећи број кривичних дела учињених на интернету се не процесуира. Уколико се кривични поступак покрене дужина трајања је најмање 7 година. Заостатак правосудних система у односу на друштвене промене сваким даном постаје све већи.

Грађански и кривични поступци за кривична дела која су извршена глобално, на пример, када су жртве или оштећени из Јужне Кореје и Јапана, а осумњичени или штетници из Немачке, или када су починиоци једног кривичног дела држављани више земаља, а жртве такође из различитих земаља, готово је немогуће ефикасно процесуирати.

Пројекат који сам са својим сарадницима покренуо пре нешто више од годину дана намењен је решавању оваквих случајева (<https://defendme.global/>).

Глобални приступ адвокатури у овом кратком периоду резултирао је великим бројем клијената из целог света, тренутно имамо 3.364 клијента жртава кривичних дела учињених преко интернета где су починиоци и жртве из различитих земаља. Извршењем кривичних дела на интернету само у четири кривична предмета који се могу видети <https://defendme.global/> починиоци су стекли противправну имовинску корист већу од 500.000.000.-УСД. Да бисмо могли пратити ову динамику, морали смо развити иновативан приступ који је дао резултате.

На основу сопствених искустава, у оквиру теме говорио бих о следећим проблемима:

Коришћење вештачке интелигенције (ВИ) у правосудном систему и њено место у кривичним и грађанским поступцима, процесним радњама и приликом доношења пресуда.

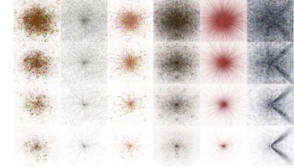
Право на правично суђење и утицај ВИ на правичност и поштење суђења.

Разматрање могућности формирања међународног суда који би коришћењем ВИ унифицирао сва национална законодавства за дела извршена на интернету.



Питање одговорности за грешке које се догоде када ВИ донесе одлуке у правном случају.

**Кључне речи:** defendeme.global, Да ли ВИ може донети правду?



Рачунарска визија

## Систем вештачке интелигенције за бихевиорално-психолошку анализу

Милан Мирчић<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Гимназија Младеновац, milanmircic011@gmail.com

**Апстракт:** Популарност психологије претходних година драстично расте и све се више популаризује примена ове друштвене науке у свим сферама живота. Неке од сфера где је подобласт психологије – бихевиорална психологија (психолошка анализа физичког понашања испитаника) све више заступљена јесте интервјуисање потенцијалних будућих запослених у фирмама, у оквиру, све распрострањенијих, служби за људске ресурсе (human resources department). Оваква примена се, такође, дуги низ година успешно користи приликом испитивања осумњичених при полицијским истрагама. Међутим, упркос константном, паралелном развоју психологије и модерних технологија, бихевиорално – психолошка анализа се и даље врши „ручно“, захтевајући вишесатна прегледања снимака понашања интервјуисаних лица, од стране психолога. Узевши претходно наведене ставке у обзир, идеја овог пројекта била је направити уређај који ће, користећи моћ вештачке интелигенције за објектну детекцију, у реалном времену анализирати и препознавати покрете тела испитаника. Уз креирање уређаја, циљ је био и осмислити методологију за употребу овог уређаја у реалним сценаријима, користећи већ постојеће производе, ресурсе и платформе.

Идеја је спроведена у дело, користећи мини рачунар „Raspberry Pi“ као основу. Софтвер који се покреће на уређају, креиран је користећи библиотеку „TensorFlow“, креирану од стране компаније „Google“. Тренирање модела је извршено користећи ручно забележене фотографије 10 различитих, изабраних покрета тела. Како би се унапредила ефикасност и тачност у процесу тренирања модела, коришћена је „Transfer learning“ метода. Као основа за овај начин учења, коришћен је модел „EfficientDet-Lite0“. Уместо стандардног „TF“ модела, експортиран је „TF Lite“ формат модела. „TF Lite“ формат пружа бољу оптимизацију на уређајима попут „Raspberry Pi-a“ уз минималан губитак прецизности. Резултати тестирања приказују прецизност од 90.8%. Софтвер препознаје покрете тела у реалном времену, користећи прикључену камеру, исцртава четвороугао око забележеног покрета, уз ознаку покрета и проценат сигурности резултата. Идеја за финалну верзију уређаја, јесте да софтвер приказује резултате у реалном времену али и да на крају сесије пружи листу свих забележених покрета (пored забележеног покрета, писала би временска ознака када је који покрет забележен). Ово би омогућило да се, пратећи транскрипт испитивања, утврди које покрете је правио испитаник у тренутку постављеног

„проблематичног“ питања и тиме лакше дође до закључка како се испитаник осећао у датом моменту.

**Кључне речи:** вештачка интелигенција, објектна детекција, психологија, анализа покрета, „Raspberry Pi“



Обрада природног језика

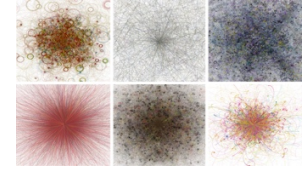
## Моделовање тема на дугом и кратком тексту коришћењем латентне семантичке анализе

Теодора Михајлов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Универзитет у Београду, teodoramihajlov@gmail.com

**Апстракт.** У лексичкој семантици дуго постоји идеја да се о значењу речи може закључити на основу контекста који је окружује. Овај концепт дистрибутивне хипотезе пренет је и у обраду природних језика. У овом раду, користићемо метод латентне семантичке анализе (*Latent Semantic Analysis, LSA*), који почива на овом принципу, како бисмо моделовали теме на дугом и на кратком тексту. Циљ рада је да испита у којој мери је овај метод погодан за моделовање тема на кратком тексту и на текстовима из домена геологије. Полазне претпоставке су да ће модел бити подједнако успешан на дугом и на кратком тексту, те да ће донети ваљане закључке о темама у геолошким текстовима. Критеријум за евалуацију модела био је проналажење међусобно најсличнијих текстова на основу добијених тема. Варирањем параметара модела, закључили смо да уклањањем превише информација из кратког текста у неким случајевима можемо уклонити све информације потребне за доношење закључака, док уклањањем премало информација остављамо превише шума и добијамо мање прецизан модел. На основу резултата досадашњег рада закључено је да се теме издвојене коришћењем LSA из дужих текстова готово сасвим поклапају са онима о чему се у текстовима говори. Код кратких текстова, добијени су знатно лошији резултати. На крају, закључено је да се латентна семантичка анализа може користити за издвајање тема из дугог текста из области геологије.

**Кључне речи:** моделовање тема, семантика, латентна семантичка анализа, косинусна сличност, доменски текст



Теорија вештачке  
интелигенције

## Технике за инкременталну верификацију поузданости неуралних мрежа

Саша Мисаиловић<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Факултет за рачунарство, Универзитет Илиноис Урбана-Шемпејн, САД, misailo@illinois.edu

**Апстракт.** Верификација дубоких неуронских мрежа (ДНН) служи да потврди да ли ДНН задовољава жељена својства поузданости – као што су робустност, правичност, или одсуство системских предрасуда – за бесконачно велики скуп улаза описан неком математичком формулом. Ти скупови улаза могу бити, на пример, све слике добијене ротацијом оригиналне слике, сви видео записи чији пиксели су селективно осветљени до одређеног интензитета, или подаци о клијентима са измењеним датумима рођења.

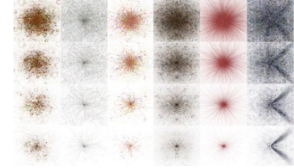
Верификација ових особина је веома активна област истраживања и модерне технике могу да верификују значајно веће ДНН-ове него раније. Међутим, ове технике су и даље неефикасне када програмери мењају тежине неурона у мрежи или поједине делове архитектуре мреже после тренинга. На пример, програмери ажурирају ДНН-ове да би побољшали њихову брзину или ниво тачности помоћу техника као што су квантизација (*quantization*), резивање (*pruning*), фино подешавање (*fine tuning*), или поправка (*repair*). У овим случајевима конвенционална верификација је неефикасна јер програмери морају после сваке промене ДНН-а поново да покрену рачунски скупу верификацију од почетка.

Наш рад представља први систематски приступ за инкременталну верификацију ДНН-ова. Дизајнирали смо и имплементирали више техника – нових алгоритама, структура података и практичних система – које заједнички омогућавају инкрементално извршавање за више основних метода верификације. Наша техника „Фанк“ (OOPSLA 2022) се фокусира на инкременталну верификацију за некомплетну верификацију (тј. решаваче засноване на апстрактној интерпретацији). Наша техника „Иван“ (PLDI 2023) показује како дизајнирати инкременталне верификаторе за комплетну верификацију (тј. решаваче засноване на целобројном програмирању или решаваче за проблеме одлучивости логичких формула). Наша техника „Ирс“, чији развој је у току, такође показује како дефинисати ефикасну инкременталну верификацију базирану на популарним статистичким техникама (*randomized smoothing*). Наше технике омогућавају убрзање типично од 2x-8x (до чак 43x) када се верификује нова/измењена ДНН у односу на оригиналну верификацију исте ДНН.

У овом излагању представимо поуке које смо научили о (а) дизајну решавача за инкременталну ДНН верификацију које синергистички користе технике из машинског учења, програмских језика и формалних метода и (б) способности наших решавача да верификују битне особине везане за поузданост реалистичних неуронских мрежа. Коначно, осврнућемо се на будуће трендове за успостављање поверења у вештачку интелигенцију. Остварење тог циља захтеваће креативно комбиновање теорија из математичке анализе,

вероватноће и дискретне математике са ефикасним програмским системима и хардвером да одговоре сложености будућих система вештачке интелигенције.

**Кључне речи:** дубоке неуронске мреже (ДНН), поузданост, верификација, поверење у вештачку интелигенцију.



Рачунарска визија

## Детекција пожара у руралним пределима применом дубоког учења

Катарина Митровић<sup>1</sup>, Марјан Милошевић<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Факултет техничких наука у Чачку, Универзитет у Крагујевцу  
katarina.mitrovic@ftn.kg.ac.rs, marjan.milosevic@ftn.kg.ac.rs

**Апстракт.** Опасност од пожара је присутна широм света и правовременим уочавањем ризика и спровођењем адекватних мера сузбијања опасности могу се избећи катастрофалне последице. Праћење локација склоних пожарима је веома комплексан задатак, јер захтева покривеност огромних простора, због чега се често проблем уочи тек након што достигне критичне размере. Од посебног значаја је детекција пожара у руралним подручјима, где је смањена вероватноћа да га становници примете и пријаве. Развојем вештачке интелигенције отвориле су се нове могућности превенције и контроле на овом пољу. Системи који се баве надзором оваквог вида опасности се најчешће фокусирају на различите врсте класификација слика, како и на детекцију опасности на сликама и видеима. Valikhujaev et al. предлажу проширену конволуциону неуронску мрежу (КНН) за класификацију слика са ватром и са димом, која остварује тачност од 99.53%. Друга студија (Saponara et al.) користи YOLOv2 КНН за детекцију ватре и дима на сликама са тачношћу од 96.82%. Sathishkumar et al. имплементирају учење без заборављања и Xception КНН за сврставање слика у једну од четири категорије (ватра, дим, ватра/дим и без ватре) са тачношћу од 98.72%. Аутори Jadon et al. предлажу једноставну КНН за препознавање слика са ватром и без ватре која достиже тачност од 93.91%. У оквиру овог истраживања развијена је КНН која са високом прецизношћу може одредити да ли на визуелном улазу постоји ватра, дим или је у питању окружење без опасности. Скуп података коришћен у овом истраживању је колекција обједињених слика добијених из различитих јавно доступних складишта као што су Kaggle и Yandex. Овај скуп података је објављен од стране аутора Amerzish Minha на веб сајту Kaggle под лиценцом CC0: Јавно власништво. Скуп обухвата слике које се могу класификовати у три групе: слике које садрже ватру, слике које садрже дим и контролне слике. Слике претежно обухватају мање урбана окружења, при чему свака класа садржи 10800 примерака. Архитектура мреже се састоји од три конволуциона слоја са филтерима димензија 3x3 праћених ReLU активационом функцијом и три слоја сажимања са прозором величине 2x2 и кораком 2. Детекција ове мреже резултује тачношћу од 98%. У склопу овог истраживања извршена је анализа специјалних случајева. И поред високе тачности класификације, детектовани су специјални случајеви који представљају посебан изазов за моделе овог типа, а пре свега због разноликости окружења изазваног променама времена, годишњих доба, позицијом Сунца и др. Извршена је категоризација

специјалних случајева и дате су препоруке за даљи развој система. Предложени модел заснован на вештачкој интелигенцији и дефинисање изазова са којима се може суочити у природном окружењу су од великог значаја за контролу и превенцију опасности од пожара. Потпуно развијен и аутоматизован систем надзора може спречити ванредне ситуације и катастрофе изазване овом опасношћу и имати значајну улогу у повећању општег нивоа безбедности.

**Кључне речи:** рачунарска визија, дубоко учење, конволуционе неуронске мреже, класификација, безбедност, надзор.





Вештачка интелигенција  
и медицина

## Развој система за праћење адекватности процеса хемодијализе са предикцијом баланса телесне течности код деце

Владимир Младеновић<sup>1</sup>, Данијела Милошевић<sup>1</sup>, Марија Благојевић<sup>1</sup>, Катарина Митровић<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Универзитет у Крагујевцу, Факултет техничких наука Чачак,  
vladimir.mladenovic@ftn.kg.ac.rs, danijela.milosevic@ftn.kg.ac.rs,  
marija.blagojevic@ftn.kg.ac.rs, katarina.mitrovic@ftn.kg.ac.rs

**Апстракт.** Постизање доброг баланса течности у организму деце којој не раде бубрези један је од основних циљева хемодијализе (ХД). Балансирано стање течности у организму представља суштину терапије ХД. Оно доприноси спречавању хипо и хипер-хидратације која може имати значајан утицај на дугорочне кардиоваскуларне компликације, смањење ефикасности рада срца и слично. ХД се односи на процес који уклања вишак течности из тела пацијента, чија је функција бубрега смањена или потпуно одсутна, и обично се постиже ултрафилтрацијом. Нажалост, не постоје типична правила за то и многи клинички лекари, поред појединих параметра које прате, процењују комплетан ХД процес у складу са дугогодишњим искуством и личном перцепцијом. ХД третман захтева процену телесне масе и стања телесне течности, и обично укључује мерење различитих физиолошки параметара. Са друге стране, ХД се реализује у клиничким условима тако да дете пацијент мора да буде присутно. У последњих неколико година, биоелектрична импеданса (БИ), индекс телесне масе (БМИ) и крвни притисак (БП), као неинвазивне и јефтиније методе, заједно са физиолошким параметрима попут хематокрита, обезбеђују предвидиву процену за експерименталне и клиничке ХД ситуације. Предложени приступ који подразумева примену вештачких неуронских мрежа за процену количине слободне течности коју је потребно уклонити обезбеђује процену равнотеже течности приликом ХД код деце са циљем да се успостави одговарајући јединствени метод и правило за сваког пацијента. Добијени резултати могу бити примењени за даљи развој система који ће аутоматизовано обављати надгледање и контролу процеса ХД уз претходну процену о трајању и количини течности која треба бити уклоњена. Такође, на основу мерених података планира се развој комплетног система који ће пратити наведене физиолошке параметре, док ће применом метода вештачке интелигенције и машинског учења стварати везу и релације између параметара. Из створених веза систем ће моћи да врши предикцију и да доноси одлуке у појединим тренуцима током самог процеса ХД. Комплетан ХД третман је потпуно прилагодљив индивидуалним пацијентима и може се даљински контролисати од стране клиничких стручњака. Континуирано прикупљање података омогућава рано откривање абнормалности и анализу тренда статуса пацијента. Овим ће систем гарантовати тачност

мера и третмана, персонализоване повратне информације и савете за пацијенте. Резултати ће бити примењени у тотално интегрисаном систему заснованом на оригиналним алгоритмима, развијеним за рад у било ком окружењу.

**Кључне речи:** хемодијализа, слободна течност, вештачке неуронске мреже



Вештачка интелигенција  
и инжењерство

## Планирање активности одржавања и реконструкција саобраћајница на градској мрежи применом метаксеуристике Оптимизација колонијом пчела

Милош Николић<sup>1</sup>, Душан Теодоровић<sup>2</sup>

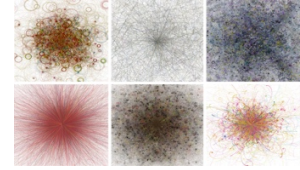
<sup>1</sup> Универзитет у Београду – Саобраћајни факултет, m.nikolic@sf.bg.ac.rs

<sup>2</sup> Српска академија наука и уметности, duteodor@gmail.com

**Апстракт.** Одржавање и реконструкције саобраћајница у градовима подразумевају извођење различитих грађевинских радова и делимично или потпуно затварање појединих улица. Радови одржавања и реконструкције, по правилу, трају већи број дана, а некада и недеља и месеци. Ове активности често доводе до стварања саобраћајних гужви, односно значајног повећања времена путовања и броја заустављања, како дуж посматране улице у којој се изводе радови, тако и дуж улица у њеној близини. Корисници мреже се увек прилагођавају новој конфигурацији мреже, креирајући нову расподелу саобраћајних токова на мрежи и тзв. кориснички еквилибријум. Извођење већег броја радова на саобраћајницама које су на блиској међусобној удаљености, може да доведе до великих саобраћајних загушења и у неком ситуацијама до саобраћајног колапса. Самим тим, намеће се проблем одређивања почетака обављања појединих активности одржавања на градској мрежи. Овај проблем припада класи проблема комбинаторне оптимизације. Критеријумска функција, коју би требало минимизирати, представља укупно време путовања свих корисника мреже током извођења активности одржавања и реконструкције. За вредновање генерисаних решења неопходно је одређивање расподеле саобраћаја на мрежи и проналажење корисничког еквилибријума. У овом истраживању је за одређивање расподеле саобраћаја коришћен алгоритам инкременталне расподеле. Одређивање почетака обављања појединих активности одржавања утврђивано је на два начина: (а) динамичким програмирањем и (б) метаксеуристичком Оптимизација колонијом пчела. Динамичко програмирање је егзактни алгоритам који гарантује добијање оптималних решења посматраног проблема. Показало се да овај метод може да се користи само у случајевима малог броја активности чији се почеци обављања одређују. Оптимизација колонијом пчела је метаксеуристички алгоритам инспирисан понашањем пчела у природи. Оптимизација колонијом пчела је техника Вештачке интелигенције која припада области Интелигенције роја. У досадашњим истраживањима, показала се као веома ефикасан алат за решавање многих инжењерских проблема комбинаторне оптимизације. У овом раду је развијен модел за временско распоређивање активности, заснован на техници Оптимизација колонијом пчела. Тестирања су извршена на примеру мреже града Sioux Falls (САД) на инстанцама са бројем радова од 1 до 10. Добијени резултати указују да

Оптимизација колонијом пчела, за веома кратко време рада рачунара, може да пронађе веома квалитетна решења.

**Кључне речи:** Оптимизација колонијом пчела, комбинаторна оптимизација, реконструкције саобраћајница, расподела саобраћаја



Теорија вештачке  
интелигенције

## Објашњиви модели вештачке интелигенције за интерпретабилност рада Дубоких конволуционих неуронских мрежа

Мина Николић<sup>1\*</sup>, Александар Станимировић<sup>2\*</sup>, Леонид Стоименов<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> mina.nikolic@elfak.ni.ac.rs

<sup>2</sup> aleksandar.stanimirovic@elfak.ni.ac.rs

<sup>3</sup> leonid.stoimenov@elfak.ni.ac.rs

\*Електронски факултет у Нишу

**Апстракт.** Употреба алгоритама дубоког учења последњих година постала је све присутнија у свакодневном животу. Решавање многобројних проблема из домена медицине, здравства, науке и образовања је знатно поједностављено применом алгоритама дубоког учења чија се позадина заснива на комплексним математичким методама и прорачунима. Међутим, са фреквентнијом применом поменутих алгоритама је дошло и до низа питања и дилема везаних за сам начин на који алгоритми доносе одлуке.

За описивање већине модела дубоког учења често се користи парадигма модела “црне кутије” (енг. Black box). Функционисање оваквих модела није довољно транспарентно нити га је могуће детаљно објаснити, односно, може се рећи да је обавијено велом апстракције у циљу скривања саме комплексности модела. Стога, са развојем алгоритама дубоког учења је дошло и до паралелног развоја одговарајућих механизма за интерпретабилност и објашњивост модела. У литератури се дата област среће под називом Објашњива вештачка интелигенција (енг. Explainable AI-XAI).

Примена алгоритама интерпретабилности и објашњивости је заступљена у многим доменима, уз посебан фокус на домен медицине. Специфичност медицинског домена са собом повлачи и неопходност детаљног и прецизног тумачења добијених резултата. Стога, овај рад пре свега има за циљ да демонстрира неколико различитих алгоритама за интерпретацију резултата добијених коришћењем модела дубоког учења, тачније, дубоких конволуционих неуронских мрежа у домену класификације слика плућа.

Предложена имплементација за демонстрацију механизма интерпретабилности и објашњивости рада дубоких конволуционих неуронских мрежа се може разматрати кроз три целине. Најпре је потребно припремити скуп података над којим ће бити вршено тумачење. Након тога се врши фино подешавање модела за класификацију, док се последња целина тиче саме интерпретабилности и објашњивости добијених резултата.

За потребе демонстрације механизма интерпретабилности и објашњивости искоришћен је скуп података који чине рентгентски снимци плућа. Снимци се могу класификовати у једну од три класе: плућа захваћена Ковидом, плућа захваћена виралном пнеумонијом и плућа без знакова болести. Однос припадности инстанци овим класама у скупу података

је 111:70:70, респективно. Због установљене небалансираности али и малог броја доступних инстанци, над сликама је имплементирано одређено препроцесирање, које између осталог подразумева и аугментацију података који су на располагању. Аугментација података је подразумевала геометријске операције попут ротације и окретања по вертикали и хоризонтали, као и фотометријску операцију промене осветљења.

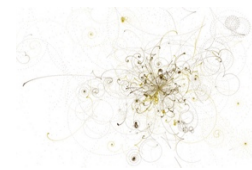
Као класификатор је коришћена *VGG19* конволуциона неуронска мрежа, претренирана над *ImageNet* скупом података. Након тога је помоћу технике преноса учења (енг. Transfer learning) извршено фино подешавање мреже (енг. Fine tuning).

Процес финог подешавања је вршен кроз десет епоха, уз одмрзавање последњих пет слојева (од тога су четири слоја конволуциона). У циљу спречавања пренаучености (енг. Overfitting), на поменути архитектуру је додат и *Dropout* слој. Као оптимизатор је коришћен *Adam*, са стопом учења (енг. Learning rate) од 0.0001.

Следећа и уједно последња имплементациона целина је подразумевала сам процес интерпретабилности и објашњивости резултата. Приликом имплементације механизма објашњивости и интерпретабилности су коришћене библиотеке које се базирају на примени *LIME*, *SHAP* и *Grad-CAM* алгоритама. Тип података директно утиче и на сам начин на који ће интерпретација резултата бити приказана. Будући да се одабрани сет података састоји од слика, врши се селектовање регија од интереса, односно скупа пиксела који у највећој мери утичу на процес класификације. Потребно је нагласити да ће се приказ добијених резултата разликовати у зависности од алгорита који се користи за процес објашњивости и интерпретабилности.

Дати алгоритми су изабрани са циљем упоредног приказа, како би тумачење резултата било потпуније и сагледано из више различитих углова. Због тога се интерпретирање резултата ради на нивоу појединачних инстанци. Одабир конкретних алгоритама има за циљ да покаже како је на различите начине могуће визуелизовати излазе из модела, односно добијене предикције за инстанце од интереса.

**Кључне речи:** Објашњива вештачка интелигенција, објашњивост, интерпретабилност, Local Interpretable Model-agnostic Explanations (LIME), Shapley Additive Explanations (SHAP), Gradient-weighted Class Activation Mapping (Grad-CAM), дубоко учење, дубоке конволуционе неуронске мреже



Вештачка интелигенција  
и енергетика

## Индиректни метод за мерење јачине струје генерисане помоћу панела термоелектричних модула

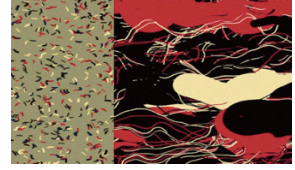
Драгутин Остојић<sup>1</sup>, Томаш Голонек<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Природно-математички факултет, Универзитет у Крагујевцу, dragutin.ostojic@pmf.kg.ac.rs

<sup>2</sup> Шлезиски технолошки универзитет, Гљивице, Пољска, tomasz.golonek@polsl.pl

**Апстракт.** У овом раду се предлаже коришћење различитих регресионих модела за одређивање јачине електричне енергије коју генерише панел серијски повезаних термоелектричних модула. Предложени регресиони модели су обучени на подацима који су генерисани случајним мерењима напона у различитим тачкама кола као и мерењем јачине излазне струје, под различитим радним условима лабораторијских термоелектричних панела. Помоћу предложених метода машинског учења, мерење јачине електричне енергије се постиже без примене сензора, већ само посматрањем напона изабраних чворова кола и коришћењем регресионог модела. Ово обезбеђује једноставнији хардвер, његову нижу цену и мању интерну потрошњу енергије. Очитавање напона на одабраном скупу тачака, које се уноси у регресиони модел, може се добити коришћењем стандардног А/D конвертера уграђеног у микроконтролер заједно са аналогним мултиплексером, што омогућава добијање јефтине, лако применљиве технике праћења генерисане снаге, са даљим циљем њене максимизације. Квалитет тестираних модела је процењен на валидационом скупу креираном независно од скупа који је коришћен за обуку. Већина одабраних модела остварила је просечну прецизност бољу од 95%  $R^2$ .

**Кључне речи:** предвиђање јачине струје, регресиони модел, термоелектрични генератор



Вештачка интелигенција  
и етика

## В.И. и много нијанси сиве

Владимир Павловић<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Универзитет у Београду-Пољопривредни факултет, vladimirboskopavlovic@gmail.com  
vlaver@agrif.bg.ac.rs

**Апстракт.** У раду се анализирају различити наративи о вештачкој интелигенцији, а који се односе на потенцијалну опасност од ње. У првом делу рада анализира се концепт вештачке интелигенције са становишта универзалног мита о хероју. У другом делу рада се кроз историјат развоја вештачке интелигенције њена потенцијална опасност сагледава из угла потенцијалног настанка опште вештачке интелигенције, док се у трећем делу рада, развој вештачке интелигенције сагледава са становишта неких аспеката трансхуманизма и технофилософије.

Имајући у виду све ове аспекте, указано је на краткорочне и дугорочне опасности до којих може довести нерегулисано коришћење алата вештачке интелигенције. Анализирани су неки од проблема алгоритамске пристрасности која произилазе из генерализације свеукупног профила информација на којима је трениран одговарајући систем вештачке интелигенције, као и проблеми који произилазе из асоцијативног учења, који обухватају неуронске мреже и методе дубоког учења, а односе се на принципе успостављања истине. Имајући у виду да ови проблеми могу довести до великог злонамерног утицаја на јавно мњење, као и на манипулацију у социјалној, језичкој и перцептивној сфери друштва по нахођењу твораца вештачке интелигенције и њихових клијената, закључено је да је питање правне и етичке регулативе технологија заснованих на вештачкој интелигенцији постало питање од врхунског приоритета не само на националном већ и на укупном међународном нивоу.

**Кључне речи:** генеративна вештачка интелигенција, општа вештачка интелигенција, трансхуманизам, технофилософија





Обрада природног језика

## Компаративна анализа метода за израду лексикона сентимента Српског Ворднета по моделу Сентиворднета

Саша Петалинкар<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Универзитет у Београду, sasa5linkar@gmail.com

**Апстракт.** Аутоматска анализа сентимента представља кључни сегмент у домену обраде природног језика, са широком применом у различитим областима као што су друштвене мреже, маркетинг и праћење јавног мњења. Сентиворднет, лексички ресурс креиран за анализу сентимента, додељује нумеричке вредности сентимента синсетима из ВордНета. Иако је иницијално развијен за енглески језик, постојеће адаптације омогућиле су његову глобалну примену у анализи сентимента на различитим језицима. У оквиру Балканет пројекта, развијен је ВордНет на српском језику. Вредности Сентиворднета су пренете на Српски ворднет директним мапирањем на одговарајуће синсете из Принстоновог ВордНета, али резултати добијени овим приступом нису били задовољавајући. У овом раду је анализирано како је Сентиворднет иницијално конструисан. Анализа сентимента синсета је била редукована на класификацију глосе. Глоса је била векторизована применом приступа вреће речи. Даља класификација обавијена је комбинацијом методе потпорних вектора и наивног Бајеса. У овом раду је испитано како се његове методе могу унапредити и адаптирати за Српски ворднет, с циљем добијања лексикона чије вредности сентимента боље одражавају реалан сентимент у српском језику. Коришћене су исте методе потпорних вектора и наивног Бајеса, као и мања модификација, замена потпорних вектора АДА бустером, као и потпуна замена модернијим методама: рекурентним неуронским мрежама, трансформаторима и великим језичким моделима фино подешеним за класификацију секвенци. Тако је креирано више лексикона сличних Сентиворднету. У раду су такође описани софтверски алати који развијени у ту сврху.

**Кључне речи:** Обрада природног језика, Лексички ресурси, ВордНет, Српски језик, Анализа сентимента, Мерење сентимента



Вештачка интелигенција  
и медицина

## AI for Multi-Omics Data Fusion: Understanding Molecular Complexity Enabling Precision Medicine

Nataša Pržulj<sup>1,2,3,4</sup>

<sup>1</sup> Racunarski Fakultet (RAF), Beograd, nprzulj@raf.rs

<sup>2</sup> Catalan Institution for Research and Advanced Studies, natasha@bsc.es

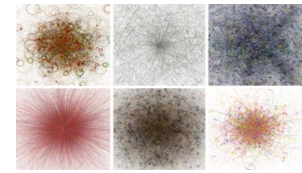
<sup>3</sup> Barcelona Supercomputing Center, natasha@bsc.es

<sup>4</sup> Computer Science Department, University College London, natasa@cs.ucl.ac.uk

**Апстракт.** We are flooded by increasing quantities of heterogeneous, interconnected, systems-level, molecular (multi-omic) data. They provide complementary information about cells, tissues and diseases. We need to utilize them to better stratify patients into risk groups, discover new biomarkers, and re-purpose known and discover new drugs to personalize medical treatment. This is nontrivial, because of computational intractability of many underlying problems, necessitating the development of algorithms for finding approximate solutions (heuristics).

We develop a versatile data fusion (integration) machine learning (ML) framework to address key challenges in precision medicine from these data: better stratification of patients, prediction of biomarkers, and re-purposing of approved drugs to particular patient groups, applied to cancer, Covid-19, rare thrombophilia and Parkinson's Disease. Our new methods stem from graph-regularized non-negative matrix tri-factorization (NMTF), a machine learning technique for dimensionality reduction, inference and co-clustering of heterogeneous datasets, coupled with novel network science algorithms. We utilize our new framework to develop methodologies for improving the understanding the molecular organization and disease from the omics network embedding space.

**Кључне речи:** data fusion, non-negative matrix tri-factorization, explainable AI, multi-omics data, precision medicine



Теорија вештачке  
интелигенције

## Оркестрација алгоритама федеративног учења из угла формализације и верификације

Иван Прокић<sup>1</sup>, Силвиа Гилезан<sup>1,2</sup>, Симона Прокић<sup>1</sup>, Мирослав Поповић<sup>1</sup>, Марко Поповић<sup>3</sup>,  
Иван Каштелан<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду,  
prokic@uns.ac.rs, simona.k@uns.ac.rs, miroslav.popovic@uns.ac.rs, ivan.kastelan@uns.ac.rs

<sup>2</sup> Математички институт Српске академије наука и уметности, gsilvia@uns.ac.rs

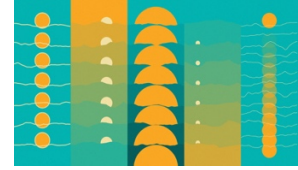
<sup>3</sup> РТ-РК институт за рачунарске системе, Marko.Popovic@rt-rk.com

**Апстракт.** Федеративно учење (Federated Learning, FL) је врста машинског учења у којој клијенти задржавају тренинг податке децентрализовано и заједнички обучавају модел или под координацијом централизованог сервера (централизован FL) или у мрежи између равноправних корисника (децентрализован FL). Коректна оркестрација ових FL система је један од великих изазова.

У овом раду представљамо формалну верификацију исправности два генеричка FL алгорита, једног централизованог и једног децентрализованог, користећи процесни рачун под називом Communication Sequential Processes (CSP) и алат за проверу модела под називом Process Analysis Toolkit (PAT). CSP модели се састоје од CSP процеса који одговарају инстанцама генеричких FL алгоритама. PAT аутоматски доказује исправност ова два генеричка FL алгорита доказивањем својства одсуства застоја (deadlock freedom) и својства успешног окончавања (termination). CSP модели се конструишу од доле према горе (bottom-up) ручно као верни приказ Python кода, који су развили аутори, и аутоматски се проверавају од горе према доле (top-down) помоћу алата PAT.

Истраживања су рађена у оквиру пројекта TaRDIS, Horizon Europe #101093006.

**Кључне речи:** децентрализована интелигенција, федеративно учење, Python, формална спецификација и верификација, CSP процесни рачун (Communication Sequential Processes), PAT алат (Process Analysis Toolkit).



Вештачка интелигенција  
и финансије

## **A2A PROSIG – Систем за интелигентно генерисање величине производа у електронској трговини**

Соња Д. Раденковић<sup>1</sup>, Александра Ристић<sup>1</sup>, Александар Мартић<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Београдска банкарска академија – Факултет за банкарство, осигурање и финансије, Унион Универзитет Београд

sonja.radenkovic@bba.edu.rs, a.ristic@bba.edu.rs, a.martic@bba.edu.rs

**Апстракт.** Савремена дигитална економија и пандемија COVID-19 појачала је дигиталне навике потрошача што је довело до свакодневног пораста куповине на платформама електронске трговине. Имајући у виду ограничење људских ресурса, као и импликације на трошкове обраде, складиштење и доставу, императив је да се купци на мрежи осећају сигурно, самоуверено и задовољно приликом одабира величина производа. Модни брендови, прилагођавајући се захтевима обезбеђивања инфраструктуре за електронску трговину, суочавају се са додатним изазовом у адресирању потребе за стандардом "Body Positivity" - друштвеним покретом који промовише прихватање свих тела без обзира на величину, тежину или физичку способност. У том контексту, модне платформе за електронску трговину морају да обезбеде тачне процене величина производа како би унапредиле поверење потрошача и олакшале процес куповине.

Да би се решили наведени проблеми, развијен је "A2A PROSIG (PROduct Size Generation)", систем који користи вештачку интелигенцију како би пронашао ефикасније начине генерисања прецизних величина производа на основу мускулатуре, конституције и преференција потрошача. "A2A PROSIG" систем користи вештачку интелигенцију за предвиђање величина производа на основу висине, тежине и пропорција тела потрошача. Конкретно, систем користи стабло одлучивања које је обучено на скупу података прикупљених од 351 потрошача са информацијама о висини, тежини, пропорцијама тела, као и одговарајућим величинама гардеробе. Истраживања у овом раду су показала да је модел стабла одлучивања тачан и адекватан у предвиђању величина гардеробе на основу унапред задатих карактеристика: висине, тежине и пропорције тела потрошача са тачношћу од 91%.

Свестраност "A2A PROSIG" система је очигледна у његовој примени у различитим индустријама, укључујући моду. Коришћењем машинског учења, систем брзо генерише информације о величини производа, штедећи време и поједностављујући корисничко искуство. Осим тога, систем ставља фокус на е-куповину корисника, смањујући утицај продаваца на избор величина путем понуђеног унапред дефинисаног распона величина производа.

**Кључне речи:** кључне речи: електронска трговина, вештачка интелигенција, машинско учење



Обрада природног језика

## #BlackLivesMatter: Примена анализе сентимента у Твитер објавама на примеру антирасистичких протеста у Америци 2020.

Тијана Радовић<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Лабораторија за вештачку интелигенцију, Факултет организационих наука, Универзитет у Београду, [tijana.n.radovic@gmail.com](mailto:tijana.n.radovic@gmail.com)

**Апстракт.** У овом истраживању смо се бавили применом анализе сентимента и технике моделовања тема у Твитер објавама становника Сједињених америчких држава према њиховим сународницима Афроамериканцима. Циљ је био да испитамо какав је сентимент заступљен према њима, какве се емоције у вези са њима јављају и са којим темама се повезују у данашњем америчком друштву, а нарочито у контексту серије антирасистичких протеста под окриљем #BlackLivesMatter покрета започетих услед насилног убиства Афроамериканца Џорџа Флојда у јуну 2020. године.

За прављење корпуса користили смо друштвену мрежу Твитер. Твитове смо екстраховали путем кључних речи и синтагми *nigger*, #BlackLivesMatter, #BLM, #blackmindsmatter, #blackandproud, #blackpride, #silenceisviolence, #endracism, #whiteprivilege, #GeorgeFloyd. Твитове смо преузимали током јула и почетка августа 2020. године. Преузимали смо само оригиналне твитове, написане на енглеском језику, на територији САД-а. Након брисања дупликата, корпус је на крају чинило 57775 јединствених твитова. Претпроцесирање текста твитова подразумевало је уклањање знакова интерпункције, белина, симбола и УРЛ линкова. Потом је извршена токенизација, стемовање и уклоњене су стоп-речи из текстова. Претпроцесирање текста и целокупна анализа урађени су у програмском језику Р.

У анализи сентимента је коришћен речнички приступ, којим се поларитет целог текста одређује као комбинација поларитета речи у тексту. Одабрали смо *Бинг* и *НРЦ* лексиконе сентимената, базиране на униграмима, будући да су се баш они у досадашњој литератури највише користили. Резултати анализе показују да је доминантан поларитет текста негативан. Доминантан негативан поларитет у нашем узорку конзистентан је са негативним ставом и односом на коме се и заснива сам друштвено конструисан и утемељен концепт расизма који почива на дискриминаторном размишљању, уверењу, личном мишљењу и негативној процени људи беле расе да су Афроамериканци мање вредни и/или да због своје физичке различитости заслужују другачији третман. Додатна анализа спроведена на биграммима, како би се у анализу укључио контекст негације која може утицати на поларитет сентимента, показала је да у нашем случају укључивање негације није утицало на промену генералног поларитета, који је остао негативан. Анализа емоција је показала да су доминантне емоције садржане у текстовима *туга*, *страх* и *бес*.

Да бисмо утврдили теме које се јављају у корпусу, користили смо ЛДА (*Latent Dirichlet Allocation*) алгоритам, који речи из текста категорише у различите теме, а свака реч из текста се у оквиру сваке теме може наћи са одређеном вероватноћом. За одређивање броја тема користили смо се перплексити мером и лда тјунинг пакетом. На овај начин смо детектовали 4 теме: 1) супериорност људи беле расе и дискриминаторна понашања над Афроамериканцима, 2) основне идеје и концепти на којима се заснива антирасистички покрет #BlackLivesMatter, 3) убиство Џорџа Флојда и 4) протести који су настали као одговор на тај догађај. Како је убиство Џорџа Флојда довело да поновног отварања питања расизма и давања значаја потреби да се коначно окончају дискриминаторне политике у виду протеста очекивано је да су се управо ове теме нашле у нашем узоку. Доминантно негативан поларитет текста конзистентан је са детектованим темама будући да негативан сентимент карактерише и основне поставке расизма, и убиство Џорџа Флојда, али и протесте који су настали као одговор на то убиство. Значајано мањи, позитивни део текста чини тема у којој су представљене идеје подршке, љубави, једнакости, мира, емпатије, односно све оно за шта се активисти #BlackLivesMatter покрета залажу.

**Кључне речи:** анализа сентимента, моделовање тема, Твитер, расизам



Безбедност

## Компаративна анализа класификације дрона у радио-фреквенцијском домену применом алгоритама дубоког учења

Бобан Саздић-Јотић<sup>1</sup>, Бобан Бонџулић<sup>1</sup>, Иван Покрајац<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Војна академија, Универзитет одбране у Београду, boban.sazdic.jotic@vs.rs

<sup>2</sup> Војнотехнички институт, Београд

**Апстракт.** Вештачка интелигенција је постала област која је унапредила постојеће и изнедрила нове напредне технологије данашњице. Разлог за то је убрзани развој рачунарских наука, чиме је вештачка интелигенција добила одличне предуслове за експанзију. Изузетан пробој је остварен управо у области дубоког учења због могућности ових алгоритама да искористе огромне количине података за обучавање уз обавезно коришћење специјализованих хардверских платформи (нпр. графичких процесора) које омогућавају обимна паралелна нумеричка израчунавања.

Област одбране и безбедности такође користи предности вештачке интелигенције при чему многи инострани произвођачи наоружања и војне опреме тврде да су успешно имплементирали неку врсту „паметног“ алгорита. Предметне имплементације су саставни део високоризичних система, те су на неки начин ограничене и захтевају обавезну људску интервенцију, надзор и одлучивање. Иако постоје реални ризици, вештачка интелигенција се у војним системима све више користи, најчешће као медијатор и конекција са различитим сензорима (оптоелектронски, радар, акустички или радио-фреквенцијски сензори) ради лакше детекције и идентификације претње.

Предмет овог истраживања је класификација (детекција и идентификација) претње (дрона) помоћу четири различите врсте алгоритама дубоког учења. Коришћени су алгоритми који обухватају потпуно повезане неуралне мреже, конволуционе неуралне мреже, рекурентне неуралне мреже и конволуционе рекурентне неуралне мреже, са циљем да се испитају могућности класификације дрона коришћењем радио-фреквенцијских сигнала. Предложени алгоритми дубоког учења су обучавани и тестирани са VTI\_DroneSET јавно доступном базом (скупом) података. Додатно су ради тестирања коришћена два јавно доступна скупа података радио-фреквенцијских сигнала дрона како би се испитале дискриминаторне способности предложених алгоритама.

Постигнути резултати показују да конволуционе и потпуно повезане неуралне мреже остварују најбоље резултате за случај детекције дрона у оба фреквенцијска опсега (2,4 GHz и 5,8 GHz). Тачније остварена је тачност детекције дрона од 98,6% за 2,4 GHz код конволуционих и потпуно повезаних неуралних мрежа и 100% за 5,8 GHz и код конволуционих неуралних мрежа. Показано је да најбоље резултате тачности идентификације типа дрона постижу конволуционе рекурентне неуралне мреже (98,8% за 2,4 GHz) и потпуно повезане неуралне мреже (95,7% за 5,8 GHz). Коначно, најбоље



результате тачности детекције више дронова постижу конволуционе рекурентне неуралне мреже (99,0% за 2,4 GHz) и конволуционе неуралне мреже (99,2% за 5,8 GHz).

**Кључне речи:** вештачка интелигенција; дубоко учење; класификација; конволуционе неуралне мреже; конволуционе рекурентне неуралне мреже.



Вештачка интелигенција  
и инжењерство

## Просторна интерполација машинским учењем

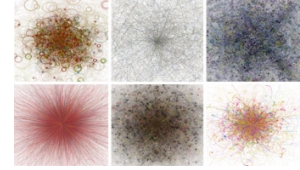
Александар Секулић<sup>1</sup>, Слободан Јелић<sup>1</sup>, Милан Килибарда<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Грађевински факултет, Универзитет у Београду, asekulic@grf.bg.ac.rs

**Апстракт.** Из практичних разлога није могуће измерити вредност неке варијабле (нпр. температуре) на целом просторном домену, већ се прикупљају мерења само на ограниченом броју локација у простору. Да бисмо сазнали како се понаша нека варијабла у простору користи се просторна интерполација. Просторна интерполација представља процес предвиђања (предикције) на локацијама у простору на којима не постоје мерења. Финални производ просторне интерполације су гридовани подаци. Регресиони кригинг (РК) је једна од најпопуларнијих метода за просторну интерполацију већ неколико деценија. Главна предност РК лежи у томе што узима у обзир и просторну аутокорељацију и информације садржане у гридованим предикторима. Поред просторне, може узети у обзир и временску и просторно-временску корелацију и тада говоримо о просторно-временском РК. Код РК предикција представља линеарну комбинацију како околних мерења у простору, тако и гридованих предиктора на посматраној локацији. У последњих неколико година технике машинског учења (МУ), најчешће *Random Forest*, се све више користе за решавање проблема просторне интерполације, односно прављење гридованих података. МУ су много флексибилније у односу на РК и нису ограничене само на линеарне везе. Оно што је проблем код МУ је то што не узимају у обзир просторну аутокорељацију. До скоро, просторна интерполација користећи МУ се базирала на директној зависности посматране варијабле од гридованих предиктора. У последње време, доста студија укључује просторну аутокорељацију у МУ на индиректан начин користећи различите облике растојања до мерења, просторне координате, итд. као додатне “просторне” предикторе. Из тог разлога, направљена је *Random Forest Spatial Interpolation (RFSI)* методологија, базирана на *Random Forest*-у, која поред гридованих предиктора, узима у обзир и просторну аутокорељацију на директан начин, додавањем нових просторних предиктора: (1) мерења на околним просторним локацијама и (2) растојања до њих. За разлику од РК, *RFSI* може да моделира и нелинеарне везе међу свим предикторима (просторним и непосторним) што га чини погодним за комплексне, тј. неконинуалне варијабле. У многим случајевима, резултати показују бољу тачност у односу на РК и остале просторне методе засноване на МУ. Међутим, уочено је да растојања до најбилжих локација немају велику тежину код *RFSI* предикције, већ су битне само вредност најближих мерења, тј. њихов ранг. Последица тога је такође и појава превелике разлике у предикцији на блиским локацијама када се мења конфигурација најближих мерења. Поред тога, *RFSI* не узима у обзир временску и просторно-временску корелацију. Да би се ови проблеми превазишли,

будуће истраживање је окренуто ка прављењу посебне структуре вештачких неуронских мрежа које би на идеалан начин укључиле и растојања до мерења, као и временску и просторно-временску корелацију и информације из гридованих предиктора.

**Кључне речи:** просторна интерполација, кригинг, машинско учење, *Random Forest*, *Random Forest Spatial Interpolation*, неуронске мреже



Теорија вештачке  
интелигенције

## Дистрибуирано вишеагентно актор-критик учење поткрепљењем базирано на консензус стратегији

Милош С. Станковић<sup>1</sup>, Марко Беко<sup>2</sup>, Срђан С. Станковић<sup>3</sup>

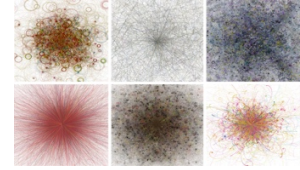
<sup>1</sup> Универзитет Сингидунум, Београд и Влатаком институт, Београд,  
milos.stankovic@singidunum.ac.rs

<sup>2</sup> Instituto de Telecomunicacoes, Instituto Superior Tecnico, Universidade de Lisboa, Portugal

<sup>3</sup> Електротехнички факултет, Универзитет у Београду

**Апстракт.** У овом раду је предложен нови дистрибуирани мулти-агентски актор-критик алгоритам за учење поткрепљењем (*reinforcement learning*) код решавања проблема оптимизације више задатака. Алгоритам критика састоји се или од дистрибуираног градијентог метода на бази временске разлике (*gradient temporal difference - GTD(1)*) или дистрибуираног алгоритма на бази емфатичне временске разлике (*emphatic temporal difference - DETD( $\lambda$ )*), док је алгоритам актора изведен користећи егзактан градијент унапред дефинисаног глобалног критеријума користећи дистрибуирану линеарну консензус стратегију. Детаљна теоријска анализа нових предложених алгоритама је урађена полазећи од претпоставке линеарне апроксимације критика, док је за актора дозвољено да има произвољну параметризацију укључујући (дубоке) неуралне мреже. Изведен је доказ да својства Фелер-Маркова важе за изведене алгоритме. Слаба конвергенција алгоритма према инваријантном скупу припојене обичне диференцијалне једначине (*ODE*) је изведена под благим условима коришћењем аргумената стохастичке апроксимације на две временске скале. Дата је експериментална верификација својстава алгоритма, која показује да алгоритам представља ефикасан алат у пракси, чак и у случајевима нелинеарне параметризације критика користећи дубоке неуралне мреже.

**Кључне речи:** учење поткрепљењем, дистрибуирани консензус, системи са више агената, актор-критик учење, анализа конвергенције, градијент полисе, учење са више задатака, слаба конвергенција, колаборативне мреже



Теорија вештачке  
интелигенције

## О моделирању регресије у фази окружењу

Богдана Станојевић<sup>1</sup>, Милан Станојевић<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Математички институт Српске академије наука и уметности, bgdnpop@mi.sanu.ac.rs

<sup>2</sup> Факултет организационих наука, Универзитет у Београду, milan.stanojevic@fon.bg.ac.rs

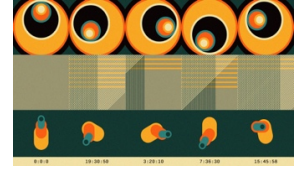
**Апстракт.** Улога регресионе анализе је кључна у многим дисциплинама. Проблеми оптимизације који се решавају у фази окружењу користе фази (Тип-1 и интервални Тип-2) бројеве и њихову аритметику. Пуно метода из литературе користе принцип проширења само у оквиру фази аритметике, користе различите начине рангирања фази бројева и добијају резултате који могу врло лако да се погрешно интерпретирају. У приступу који ми предлагемо заобилази се потреба за поређењем или рангирањем фази бројева, фази аритметика и оптимизација су обједињене, и због тога су добијени резултати реалистичнији.

Наш приступ има и емпиријску и нумеричку варијанту. За емпиријски приступ користимо Монте Карло методу да би симулирали деловање принципа проширења, тако што уместо фази бројева користимо случајно генерисане вредности из њиховог алфа-пресека помоћу којих конструишемо крисп проблеме. Решења тих проблема имају степен припадности једнак степену припадности случајно генерисане инстанце коефицијената. Решења крисп проблема се сакупљају и формирају коначно фази оптимално решење у складу са принципом проширења.

За нумерички приступ решава се пар оптимизационих проблема за сваки фиксирани алфа-пресек. Ови проблеми уместо фази коефицијената користе варијабле које припадају интервалу алфа-пресека одговарајућих фази коефицијената.

Укратко, наш циљ је да предложимо ефикасан приступ решавању фази регресије који може да уклони недоследности настале из праксе раздвајања оптимизације фази проблема у независне оптимизације за добијање сваке компоненте фази решења.

**Кључне речи:** регресиона анализа, фази оптимизација, фази бројеви, принцип проширења



Вештачка интелигенција  
и софтвер

## Креирање скупа података за одређивање параметара компилације

Страхиња Станојевић<sup>1</sup>, Милена Вујошевић Јаничић<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Математички факултет, Универзитет у Београду, [strahinja.stanojevic@matf.bg.ac.rs](mailto:strahinja.stanojevic@matf.bg.ac.rs),  
[milena.vujosevic.janicic@matf.bg.ac.rs](mailto:milena.vujosevic.janicic@matf.bg.ac.rs)

**Апстракт.** У модерним компајлерима постоји велики број различитих оптимизација које се примењују у циљу добијања извршивог кода који је у складу са жељеним карактеристикама (ефикасност извршавања, употреба меморије, енергетска ефикасност и слично). Оптимизације се обично подешавају параметрима. Одређивање параметара оптимизације се врши експерименталним путем - испробавањем великог броја различитих комбинација вредности параметара како би се одредила она која даје најбоље резултате у највећем броју случајева. Овај процес је мукотрпан и склон грешкама. Додатно, ниједан фиксиран скуп параметара не може бити најбољи за све програме.

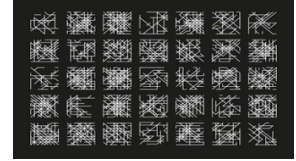
Модерни компајлери, као што је GraalVM, омогућавају подешавање параметара оптимизације на нивоу појединачних метода улазног програма. Овим се омогућава одређивање најбоље комбинације параметара за сваку методу и тиме још боље перформансе извршивог програма. Међутим, експериментално подешавање параметара компилације на нивоу појединачних метода је практично неизводљиво јер је за то неопходан огроман број покретања и мерења.

Као алтернативу експерименталном утврђивању параметара компилације планирамо да користимо технике машинског учења: у току компилације је, на основу карактеристика метода, потребно аутоматски доносити одлуке о вредностима различитих параметара. Вредности параметара компилације планирамо да предвиђамо на основу статичких својстава методе, па је потребно одредити репрезентативан скуп статичких својстава, који прецизно описује код. Такође, како би се утврдио утицај различитих вредности параметара компилације на време извршавања појединачних метода, неопходно је измерити време извршавања сваке методе током извршавања програма. У томе постоје различите потешкоће као што су превазилажење утицаја хардверског шума приликом мерења, ефикасно креирање великог броја верзија методе компајлиране различитим параметрима, исправно вршење мерења итд. Ради креирања квалитетног скупа података из кога ће моћи да се учи, извршавања сваке појединачне методе је потребно измерити потпуно прецизно. Ова мерења би требало да се врше на нивоу наносекунди, што описани задатак чини још тежим.

У овом раду анализирамо потешкоће које се јављају приликом прецизног мерења времена извршавања метода и предлажемо начине за њихово решавање. Такође, представљамо скуп података добијен на основу скупа познатих репрезентативних програма (бенчмарка) –

*Renaissance* и *DaCapo* и *DaCapo con Scala*. Податке чине тројке које садрже својстава метода, параметаре компилације и време извршавања методе за дате параметре. Ови подаци се могу обрађивати техникама машинског учења на различите начине. На основу својстава сваке методе, параметара компилације који су коришћени за њено превођење и времена извршавања, можемо научити који скуп параметара компилације одговара оптималном извршавању методе и на тај начин подешавати параметре компилације како би преведени код био оптималан. Овај рад се реализује у оквиру пројекта сарадње Математичког факултета и компаније *Oracle Labs*. Делимично је подржан и пројектом 451-03-47/2023-01/200104 Министарства просвете, науке и технолошког развоја.

**Кључне речи:** креирање скупа података, анализа података, компајлер *Graal*, прецизна мерења



Вештачка интелигенција  
и наука

## Учење с утврђивањем за графове

Драган Стевановић<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Математички институт Српске академије наука и уметности,  
dragan\_stevanovic@mi.sanu.ac.rs

**Апстракт.** Представићемо реимплементацију недавно предложеног приступа коришћења учења с утврђивањем за конструисање (контра)примера у теорији графова. У овој поставци агент конструише граф низом акција које одговарају елементима матрице суседства, док окружење након сваке акције враћа информацију о стању тренутно конструисаног графа. Током конструкције све међунаграде које враћа окружење су једнаке нули, док је коначна награда једнака разлици  $f(G)-h(G)$  у случају када се тражи контрапример за неједнакост  $f(G)\leq h(G)$ , тако да позитивна награда означава проналазак контрапримера. За учење с утврђивањем користи се метод унакрсне ентропије, који у сваком кораку конструише популацију графова на основу тренутног стања агентове вештачке неуронске мреже, а затим учи, тј. додатно тренира неуронску мрежу на основу низа стања и акција које су коришћене за конструкцију најбољих графова у тренутној популацији. Имплементирани приступ ћемо илустровати на неколико хипотеза из литературе за које је учење с утврђивањем успело да предложи одговарајућу структуру контрапримера.

**Кључне речи:** Учење с утврђивањем, теорија графова, контрапримери.





Вештачка интелигенција  
и медицина

## Примена Хололенс 2 у медицини – приказ трогодишњег искуства

Предраг Стевановић<sup>1, 2</sup>, Немања Димић<sup>1, 2</sup>, Ирина Ненадић<sup>1, 2</sup>, Марко Ђурић<sup>1, 2</sup>, Сузана Бојић<sup>1, 2</sup>, Марина Бобош<sup>1, 2</sup>, Небојша Радовановић<sup>1, 3</sup>, Игор Кончар<sup>1, 4</sup>

<sup>1</sup> Медицински факултет, Универзитет у Београду, baticaster@gmail.com

<sup>2</sup> УКБЦ „Др Драгиша Мишовић – Дедиње“, Београд

<sup>3</sup> Ургентни центар УКЦ Србије, Београд

<sup>4</sup> Клиника за васкуларну хирургију УКЦ Србије, Београд

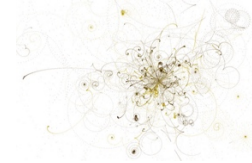
**Апстракт.** Јавно здравство у Србији се потенцијално може побољшати кроз иновативну употребу Хололенс 2 (ХЛ2) уређаја, који у себи садржи технологију мешовите стварности засноване на алгоритмима машинског учења. На овај начин би се повећала ефикасност и квалитет здравствене заштите, минимизирали ризици и напори и оптимизовале процедуре.

Током хируршких интервенција, због поштовања стерилности и ношења заштитне опреме отежано је коришћење рачунара. ХЛ2 уређај савлађује ове препреке коришћењем алгоритама машинског учења за препознавање покрета руку, којим лекар може контролисати уређај. Поред препознавања покрета руку, посебне камере уређаја, потпомогнуте додатним алгоритмима, посматрају покрете очију корисника и откривају када се корисник фокусира на опцију коју нуди кориснички интерфејс. Додатне опције се могу изабрати трептањем ока. Оваквим бесконтактним корисничким интерфејсом ХЛ2 уређаја омогућена је употреба рачунара непосредно уз пацијента или током оперативне процедуре, чиме се, између осталог, отвара приступ обимној медицинској документацији важној за сâм оперативни ток. Сама визуелизација садржаја је урађена у концепту мешовите стварности, а кроз холографске 3Д објекте приказане у стварном свету. ХЛ2 је опремљен технологијом препознавања говора, као још једним скупом алгоритама машинског учења, који се могу користити за одабир корисничког интерфејса и контролу окружења. Могућност бележења, снимања мешовите реалности, као и способност препознавања говора се користи за креирање документације о пацијенту или интервенцији у реалном времену.

ХЛ2 уређај користи алгоритме машинског учења који омогућавају уређају да мапира околни простор, препозна његове карактеристике, па чак и да „памти“ просторију као радно окружење. Овако упамћен простор се препознаје када се у просторију накнадно уђе или након поновног покретања уређаја. Уз ову могућност отвара се прилика да се креирани садржај (белешке, диктати, видео-записи и слике) сачувају и деле у истом просторном окружењу са осталим члановима медицинског тима у реалном времену или одложено и на

дистанцу. Коришћење ХЛ2 уређаја омогућава комуникацију са удаљеним експертима, чија је помоћ драгоцену, а најчешће нису доступни на други начин, чиме се повећава квалитет медицинских услуга. Поред аудио и видео комуникације омогућена је и интеракција преко холограмских објеката, чиме се могу давати визуелне смернице током непосредног рада.

**Кључне речи:** Хололенс2 (ХЛ2); медицина; вештачка интелигенција; едукација



Вештачка интелигенција  
и енергетика

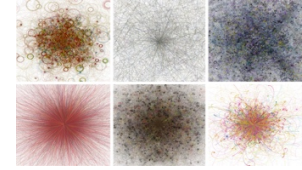
## Предвиђање облика енергетских оптерећења за канцеларију са надстрешницом на основу малог броја енергетских симулација

Сања Стевановић<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Математички институт Српске академије наука и уметности, sanja\_stevanovic@yahoo.com

**Апстракт.** Хоризонтална, правоугаона надстрешница је једноставан уређај за сенчење. Овде проучавамо облике оптерећења за грејање, хлађење и осветљење, као и еквивалентне потребе за примарном енергијом, у моделу канцеларије с једним прозором у функцији дубине и висине надстрешнице, за велики скуп од 729.000 EnergyPlus симулација за модел канцеларије под различитим климатским условима, препрекама, оријентацијама прозора и подешавањима температура за грејање и хлађење. Резултати симулације показују да су оптерећења грејања и хлађења прилично глатке функције са релативно споро променљивим градијентом, док је светлосно оптерећење више назубљено, са значајним скоковима који се јављају дуж специфичних линија дубина-висина када дубина надстрешнице постане превелика. Даље меримо ефикасност вештачких неуронских мрежа и ансамбала стабала са градијентом (XGBoost) у апроксимацији комплетних скупова симулираних оптерећења грејања, хлађења и осветљења и еквивалентне примарне енергије из релативно малих узорака. Тренирање три модела вештачких неуронских мрежа с различитим дубинама и три XGBoost модела с различитим стопама учења за свако оптерећење и сваку комбинацију климе, препрека, оријентације и задатих температура за грејање и хлађење показује да су XGBoost модели прецизнији и да се тренирају брже од неуронских мрежа. Искуства из ове студије имплементирана су у отворено доступном Пајтон пакету, чији је циљ да се брзо конструишу сурогат модели за ова оптерећења која зависе од дубине и висине надстрешнице за изабрани прозор у произвољном моделу зграде.

**Кључне речи:** Сурогат модели, EnergyPlus, надстрешница, XGBoost, вештачке неуронске мреже.



Теорија вештачке  
интелигенције

## Један довољан услов важења алгорита транзитивног затворења<sup>1</sup>

Вања Степановић<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Пољопривредни факултет, Универзитет у Београду, vanja@agrif.bg.ac.rs

**Апстракт.** Транзитивност релације је особина са више уопштења у случају фази релација. Транзитивна фази релација представља решење одређене фази релационе неједначине, па је проблем налажења транзитивног затворења, тј. најмање транзитивне фази релације која садржи задату релацију еквивалентан проблему налажења најмањег решења те неједначине које садржи дату релацију. Фази релације и њихове (не)једначине налазе примену у медицини, у проблемима контроле процеса (фази контролери), у предикцијама фази система итд. Особина транзитивности применљива је у проблемима одлучивања на основу више критеријума и моделовања нејасних (фази) преференци.

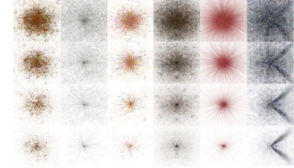
Упоредо са уопштењима појма транзитивности, развијали су се и алгоритми за конструкцију транзитивног затворења. Одређени алгоритми имали су за циљ да оптимизују потребно време, у случају коначног универзалног скупа-домена. У многим бесконачним случајевима, применљиво је уопштење познатог алгорита за налажење транзитивног затворења у случају класичних скупова, који се завршава у највише пребројиво много корака. Поменути конструкцију транзитивног затворења фази релације почињемо од задате релације као полазне и рекурзивно дефинишемо сваку наредну релацију у низу као супремум претходне релације и њене композиције са самом собом. При томе користимо операцију композиције две фази релације која представља уопштење тзв. макс-мин. композиције фази скупова у случају коначног домена, а то уопштење – као и сама дефиниција транзитивности – може зависити од избора кодомен мреже. Уколико се при генерисању низа појаве две узастопне једнаке фази релације, процес стаје јер смо добили транзитивно затворење. Уколико се то не деси, супремум свих релација у низу представља транзитивно затворење.

Алгоритам ће радити у случају када је кодомен функције припадности  $[0,1]$ -интервал – како су фази скупови изворно и дефинисани – али и у општијем случају резидуалне кодомен мреже. Овде је представљен још један случај важења алгорита, а који је општији од поменутих, случај комплетне кодомен мреже непрекидне у односу на инфимум. Доказује се и да је услов непрекидности кодомен мреже у односу на инфимум неизоставан, тј. да у случају комплетне кодомен мреже у којој овај услов није задовољен алгоритам не мора важити.

---

<sup>1</sup> Истраживање спроведено уз подршку Фонда за науку Републике Србије, БРОЈ ПРОЈЕКТА 6565, Напредне технике математичке агрегације и апроксимативног решавања једначина у дигиталним операционим истраживањима AT-MATADOR / This research was supported by the Science Fund of the Republic of Serbia, # Grant no 6565, Advanced Techniques of Mathematical Aggregation and Approximative Equations Solving in Digital Operational Research- AT-MATADOR

**Кључне речи:** фази релација, транзитивно затворење, кодомен мрежа, непрекидност у односу на инфимум.



Рачунарска визија

## Вештачка интелигенција у служби иновација у малопродаји у Србији

Ивана Стефановић<sup>1</sup>, Катарина Кукић<sup>2</sup>, Ана Узелац<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Академија техничко-уметничких струковних студија Београд – Одсек Висока школа електротехнике и рачунарства, ivanas@viser.edu.rs

<sup>2</sup> Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду, k.kukic@sf.bg.ac.rs

<sup>3</sup> Саобраћајни факултет, Универзитет у Београду, ana.uzelac@sf.bg.ac.rs

**Апстракт.** Примена вештачке интелигенције у различитим областима има велики утицај на свакодневне активности појединца, укључујући и куповину. Способност вештачке интелигенције за предвиђање преференци купца, нарочито је изражена приликом *online* куповине, слањем различитих препорука, купона и промоција. Са друге стране, може се уочити недостатак персонализованог корисничког искуства у самим малопродајним објектима. При томе, када је у питању малопродаја, број *online* трансакција је значајно мањи у поређењу са бројем трансакција у малопродајним објектима. У сарадњи са Планетом Спорт, која спада у највеће малопродајне ланце спортске опреме у Србији, спроводимо истраживање у циљу креирања паметног окружења у малопродајним објектима. Паметно окружење базира се на употреби *beacon* технологије, која се све чешће користи за имплементацију локацијских сервиса у затвореном простору. Применом *beacon* сензорских мрежа, могуће је креирати персонализовано искуство за сваког појединачног купца, током његовог боравка у малопродајном објекту.

За потребе прве фазе истраживања коришћени су снимци надзорних камера из једног малопродајног објекта. Прва фаза истраживања обухвата детекцију купаца и одређивање времена које купци проводе у различитим деловима продавнице, који одговарају зонама *beacon* уређаја. За детекцију купаца коришћен је YOLO (*You Only Look Once*) алгоритам који омогућава интеграцију рачунарске визије и вештачке интелигенције. Циљ прве фазе истраживања је креирање скупа података, погодног за машинско учење, који би омогућио нови увид о понашању купаца у малопродајним објектима. Друга фаза истраживања укључује примену различитих метода надгледаног машинског учења над креираним скупом података, ради илустровања различитих могућности паметног малопродајног окружења.

**Кључне речи:** паметно малопродајно окружење, детекција, YOLO алгоритам, *beacon*, машинско учење



Вештачка интелигенција  
и инжењерство

## Предикција локације објекта у реалном времену коришћењем ЛСТМ неуралне мреже и полиномијалне регресије

Петар Стојковић<sup>1</sup>, Предраг Тадић<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Независни истраживач, petar.stojkovic998@outlook.com

<sup>2</sup> Електротехнички факултет, Универзитет у Београду, tadicp@etf.bg.ac.rs

**Апстракт.** Овај рад детаљно описује дизајн и имплементацију система за предикцију и интерполацију координата локације објекта. Наше решење се заснива на обради инерцијалних мерења и података глобалног система позиционирања (ГПС) кроз неуралну мрежу дугог краткорочног памћења (ЛСТМ) и полиномијалну регресију. ЛСТМ мрежа је тип рекурентне неуралне мреже (РНН) посебно погодан за обраду секвенци података и избегавање дуготрајног проблема зависности. Користили смо податке са сензора из стварних возила. Развијен је битан корак предобраде како би се решиле варирајуће фреквенције одабирања сензора и неконзистентност временских корака са ГПС сензора, као и губљење одабирака. Систем је подешен да ради у реалном времену са малим кашњењем и високом прецизношћу.

Перформансе система заснованог на ЛСТМ моделу упоређене су са Калмановим филтром. Тестирали смо наш систем на путевима у различитим условима вожње, укључујући убрзање, скретање, успоравање и праве путање. Тестирали смо тачност и време инференције нашег предложеног решења и тиме показали да може функционисати у реалном времену. Наш систем заснован на ЛСТМ моделу дао је просечну грешку од 0,11 метара са временом инференције од 2 ms. Ово представља смањење грешке од 76% у поређењу са традиционалном методом Калмановог филтра, која има просечну грешку од 0,46 метара са занемарљиво мањим временом инференције наспрам нашег система заснованог на ЛСТМ моделу.

**Кључне речи:** ЛСТМ неурална мрежа, предикција ГПС координата, полиномијална регресија, фузија података са сензора



Резоновање

## Улога постконекционистичких модела у истраживању људских когнитивних способности

Вања Суботић<sup>1</sup>, Миљана Милојевић<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт за филозофију Филозофског факултета, Универзитет у Београду  
vanja.subotic@f.bg.ac.rs

<sup>2</sup> Одељење за филозофију Филозофског факултета, Универзитет у Београду,  
miljana.milojevic@f.bg.ac.rs

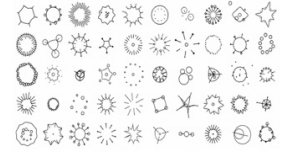
**Апстракт.** У контексту објашњења људске когниције модели неуронских мрежа (НМ) и НМ архитектуре су подведени под појам конекционизма, који ће се наћи у вишедеценијском обрачуњу са симболицизмом као алтернативном парадигмом о природи људске интелигенције. Обе врсте модела имале су у почетку двоструки задатак: (I) да пруже основу за изградњу вештачких система који могу испољити или симулирати различите когнитивне и перцептивне способности, али и (II) да својом успешношћу у симулацији пруже објашњење релевантних природних способности код човека. Обрачун између две парадигме ће се водити на више линија будући да се њихови заступници неће слагати по питању: врсте обраде информација у когнитивним системима (да ли је она секвенцијална или паралелна), структуре представа (да ли су локалне и дискретне или дистрибуиране и векторске), нити по питању порекла когнитивних способности (да ли се оне базирају на урођеним правилима или су обликоване учењем). Поред ових тачака разилажења посебно ће бити стављен фокус на питање неуронске или биолошке уверљивости (plausibility) као мету напада симболиста и биће учињен покушај да се покаже на који је начин природа наведеног сукоба водила побољшању конекционизма као објашњавалачке (explanatory) стратегије за разумевање људских когнитивних способности.

Посебна пажња биће усмерена на данашњицу и улогу такозваних постконекционистичких модела базираних на дубоким НМ обучавањем путем алгоритама дубоког учења у разумевању људских когнитивних способности. Њихов развој често није вођен почетним циљевима који су били усмерени на репродуковање људских способности, већ конкретним задацима које намеће тржиште у различитим областима (од маркетинга до војне индустрије). То је водило развијању све мање биолошки уверљивих (plausible) модела и отварању питања њихове релевантности у објашњењу људске когниције. У овом излагању, биће понуђена једна оптимистична и, надамо се, продуктивна визија улоге постконекционистичких модела у објашњењу когниције заступајући истраживање (exploration) као валидан модус објашњења и кључну методолошку функцију ових модела. У филозофији науке, модели су истраживачки (exploratory) онда када нам, уместо класичног објашњења о актуалној вези између елемената у моделу и феномена, пружају (i) почетну



основу за будуће истраживање феномена, (ii) доказе концепта, (iii) хипотетичко објашњење везе између елемената у моделу и феномена, или (iv) процењивање адекватности својстава феномена да допринесу објашњењу. Постконекционистички модели *qua* истраживачки би требало да се схвате као да заузимају место између потпуно идеализованих модела и модела који служе као детаљне реплике одређених делова мозга. У складу са тим, биће аргументовано да постконекционистички модели пре свега служе откривању и истраживању генеричких хипотетичких механизма који би били у позадини људских когнитивних способности, и то тако што нам ови модели пружају прилику да се „играмо“ елементима архитектуре НМ, врстама података и начином обучавања како бисмо проверили која својства су случајна, а која неопходна за одређени когнитивни процес. У овом смислу, биолошка (не)уверљивост је основна јединица истраживања и нешто што је предмет активног истраживања, а не некритички усвојена претпоставка.

**Кључне речи:** биолошка уверљивост, вештачке неуронске мреже, истраживање, когниција, конекционизам, симболицизам.



Вештачка интелигенција  
и образовање

## Побољшање објашњивости ВИ модела на примеру оцењивања тимског рада студената програмирања

Бојан Томић<sup>1</sup>, Анисја Кијевчанин<sup>2</sup>, Јелена Јовановић<sup>3</sup>, Зоран Шеварац<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Факултет организационих наука, Универзитет у Београду, bojan.tomic@fon.bg.ac.rs

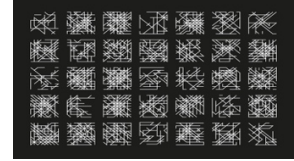
<sup>2</sup> Netconomy, Грац

<sup>3</sup> Факултет организационих наука, Универзитет у Београду, jelena.jovanovic@fon.bg.ac.rs

<sup>4</sup> Факултет организационих наука, Универзитет у Београду, zoran.sevarac@fon.bg.ac.rs

**Апстракт.** У нашем претходном истраживању, оцењиван је тимски рад студената програмирања преко метрика добијених из репозиторијума кода. Педагошка основа је била рубрика за оцењивање тимског рада. Употребљене су три методе машинског учења (стабла одлучивања, рандом форест и неуронске мреже) као и фази закључивање, а евалуација је обухватала квалитет класификације, практичност и објашњивост. Објашњивост је била нарочито битна јер су наставници желели да знају зашто су студенти добили одређене оцене тј. како је ВИ метода дошла до њих. Један од закључака је био да, из аспекта објашњивости, управо фази закључивање (коришћењем трага извршених правила), на основу мишљења наставника, пружа најсхватљивија објашњења, а затим стабла одлучивања (графички приказ стабла). За неуронске мреже и рандом форест, у то време нису биле расположиве методе за објашњавање. Интензиван развој области објашњиве ВИ у току последњих неколико година донео је различите методе које омогућавају људима (корисницима) да схвате како је неки ВИ модел извео одређени резултат и да, на тај начин, допринесу поверењу у резултате модела и сам модел. У овом раду, фокус је на дискусији о могућностима модела објашњиве ВИ на наведеном примеру оцењивања тимског рада, са освртом на практичност појединачних метода и прилагођеност објашњења крајњим корисницима. Конкретно, у раду се разматрају методе контра-чињеничних објашњења, SHAP и друге визуелизације и пореде са „класичним“ методама за објашњавање потеклим из области експертних система.

**Кључне речи:** Машинско учење, Објашњива вештачка интелигенција, Фази закључивање, Софтверско инжењерство, Едукација.



Вештачка интелигенција  
и наука

## Модели машинског учења за предикцију времена решавања инстанци $P||Cmax$ проблема

Момчило Тошић<sup>1</sup>, Јана Живковић<sup>1</sup>, Слободан Јелић<sup>2</sup>, Татјана Јакшић Кругер<sup>3</sup>, Татјана Давидовић<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Математички факултет Универзитета у Београду, {tosic.moma,janaziv200223}@gmail.com

<sup>2</sup> Грађевински факултет Универзитета у Београду, sjelic@grf.bg.ac.rs

<sup>3</sup> Математички институт Српске академије наука и уметности, {tatjana,tanjad}@mi.sanu.ac.rs

**Апстракт.** У овом раду дајемо оквирни предлог модела машинског учења за предикцију времена решавања инстанци проблема распоређивања  $n$  независних задатака на  $m$  идентичних машина ( $P||Cmax$ ). Претпостављамо да су унапред познати и фиксирани: проблем, алгоритам (решавач) и рачунар на којем се изводе експерименти. Наш приступ, осим примене метода машинског учења, садржи и кораке у којима се конструишу и бирају улазне (независне) променљиве које су (потенцијално) предиктивне за излазну (зависну, циљну) променљиву. Непрекидне улазне променљиве се дискретизују користећи различите стратегије, док се категоријалне променљиве трансформишу користећи стандардну технику бинаризације. На тај начин добијамо нови скуп бинарних променљивих којим проширујемо скуп непрекидних улазних променљивих. Нове променљиве, којима се описују интеракције, конструишу се међусобним множењем променљивих из проширеног скупа. У овом раду се првенствено фокусирамо на примену елементарних метода машинског учења као што је вишеструка линеарна регресија са стандардним регуларизационим техникама. Њихова интерпретација је једноставна те не открива само предиктивну моћ модела, него нам омогућује и анализу утицаја појединих улазних променљивих на излазну променљиву. С обзиром да је број улазних променљивих у проширеном скупу значајно увећан, користимо стандардне регуларизационе технике као што су риџ, ласо и еластик нет за избор предиктивних променљивих још у фази учења. Избор најбољег модела врши се коришћењем унакрсне валидације са 10 понављања и потпуном претрагом хиперпараметара модела, а на основу коефицијента детерминације ( $r^2$ ).

**Кључне речи:** оптимизациони проблем, егзактни решавач, регресија, одабир независних променљивих, ласо, риџ, еластик нет



Вештачка интелигенција  
и медицина

## Анализа социо-демографских предиктора клиничке озбиљности COVID-19 применом машинског учења

Марко Тумбас<sup>1</sup>, Софија Марковић<sup>1</sup>, Игор Салом<sup>2</sup>, Марко Ђорђевић<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Група за Квантитативну Биологију, Биолошки факултет, Универзитет у Београду, dmarko@bio.bg.ac.rs, marko.tumbas@bio.bg.ac.rs

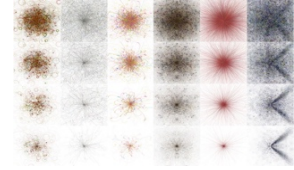
<sup>2</sup>Институт за Физику, Универзитет у Београду

**Апстракт.** Истраживање социо-демографских фактора који утичу на клиничку озбиљност COVID-19 у Сједињеним Америчким Државама је отежано због распрострањености различитих мера тестирања и фаза епидемије кроз раличите савезне државе и њихове округе. Такође велики број потенцијалних предиктора додатно компликује анализу. У овој студији, сакупили смо 115 предиктора за преко 3,000 округа Сједињених Држава и користили смо робусну меру клиничке озбиљности COVID-19 засновану на моделовању епидемиолошке динамике.

Како бисмо поједноставили селекцију значајних предиктора, применили смо методу максималне релевантности-минималне редувантности (mPMP) у оквиру ансамбла стабала одлучивања. Методологија иновативно примењује оптимизацију хиперпараметара у Random Forest и XGBoost регресијама третирајући број предиктора изабраних из mPMP-а као један од хиперпараметара. Приступ се разликује од претходно примењених методологија, попут оне на Убер платформи, који искључиво користи Random Forest регресију са унапред одређеним вредностима хиперпараметара.

Наши резултати робусно селекују два главна предиктора: густину насељености и проценат Афроамериканаца у популацији (Tumbas et al., Front Big Data, 2023). Детаљно ћемо продискутовати добијене резултате у контексту COVID-19 литературе, као и општу примењивост наше методе при налажењу значајних фактора који утичу на прогресију болести у врло различитим регионима из широког скупа предиктора.

**Кључне речи:** клиничка озбиљност COVID-19, XGBoost, Random Forest, mPMP, селекција предиктора



Рачунарска визија

## Примена вештачке интелигенције у афективном рачунарству

Невена Туфегџић<sup>1</sup>, Леонид Стоименов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Електронски факултет, Универзитет у Нишу, [nevena.tufegdzc@elfak.ni.ac.rs](mailto:nevena.tufegdzc@elfak.ni.ac.rs)

<sup>2</sup> Електронски факултет, Универзитет у Нишу, [leonid.stoimenov@elfak.ni.ac.rs](mailto:leonid.stoimenov@elfak.ni.ac.rs)

**Апстракт.** Афективно рачунарство (енг. *Affective Computing*) бави се развојем технологија које омогућавају машини да препозна, разуме и симулира људске емоције. Своје примене налази у пољу интеракције човек-рачунар, где је циљ да се на што прецизнији начин одреди емоција испољена од стране човека и генерише персонализовани одговор од стране рачунара.

Препознавање емоције врши се помоћу различитих техника вештачке интелигенције, а сам приступ зависи од типа информација које се дају машини. Информације се могу наћи у различитим облицима, а најчешће се срећу у визуелним и текстуалним форматима. Поред ових облика, емоције се могу детектовати из ЕКГ и ЕЕГ сигнала и осталих биометријских података, аудио записа, итд. Фокус је бачен на текстуални и визуелни формат. При детекцији емоција у текстуалном формату користи се лепеза техника вештачке интелигенције, почев од хеуристика, система правила и лабелираних речника, преко модела машинског и дубоког учења до трансформерских архитектура. За визуелне информације, препознавање емоција своди се на примену конволуционих неуронских мрежа које се уче да издвајају најбитније карактеристике слике за сваку емоцију која се може детектовати. Поред конволуционих мрежа примењују се и друге технике рачунарског вида, поготово у фази предобраде података. Истражене су обе наведене области препознавања емоција, као и различити приступи у препознавању и њихова ефективност. Извршена је компаративна анализа истражених техника за сваку област респективно.

Интерпретација детектованих емоција зависи од типа система који се гради и проблема који тај систем решава. Напослетку, могуће примене леже и у симулацији емоција као одговор на изведену интерпретацију препознатих емоција. Дат је преглед могућих примена и даљи правци истраживања области афективног рачунарства.

**Кључне речи:** афективно рачунарство, детекција емоција, класификација текста, класификација слика, рачунарски вид, дубоко учење



Резоновање

## Примена *FCA* методе у анализи тагова и категорија података на порталима отворених података

Милена Фртунић Глигоријевић<sup>1</sup>, Милош Богдановић<sup>1</sup>, Леонид Стоименов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Електронски факултет у Нишу, Универзитет у Нишу, milena.frtunic.gligorijevic@elfak.ni.ac.rs, milos.bogdanovic@elfak.ni.ac.rs, leonid.stoimenov@elfak.ni.ac.rs

**Апстракт.** На порталима отворених података је током година објављена велика количина података чија вредност лежи у њиховој даљој употреби. Како би се олакшао приступ и омогућила боља видљивост објављених информација, на порталима отворених података уведена је могућност претраге по различитим критеријума. Међутим, ова претрага се заснива на метаподацима који ближе описују податке а који нису увек комплетни, и често се дешава да неке вредности недостају. Недостатак вредности кључева метаподатака, посебно категорија које представљају интуитиван начин претраге података, доводи до отежаног приступа и коришћења жељених информација на порталима, чиме се смањује потенцијал и корисност података. Из тог разлога, у овом раду адресиран је проблем недостатка информација о категоријама и предложен је приступ за одређивање категорија којима један скуп података може да припада.

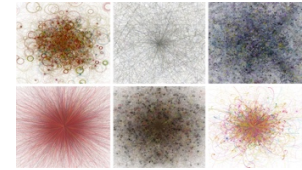
Приступ за категоризацију података се ослања на начин употребе тагова већ категорисаних скупова података на порталу отворених података. Вредност тагова дефинише корисник и представља лични избор речи за које сматра да најбоље описују садржај неког скупа података и представљају добар избор за одређивање сличности између скупова података. Циљ поступка је да се на основу комбинације тагова којом је неки податак описан, одреди којим категоријама тај податак треба да припада.

У раду се користи математички метод *Formal Concept Analysis* (*FCA*) за креирање колекције формалних концепата логички организованих у хијерархију концепата - мрежу концепата, која представља хијерархију тагова креирану на основу начина њихове употребе у описивању података једне категорије.

Коришћењем *FCA* методе, за сваку од доступних категорија на порталу, креирају се одговарајуће мреже концепата које се користе као основа за одређивање сличности између унете комбинације тагова и категорија. Поступак рачунања сличности између комбинације тагова и једне категорије ослања се на рачунање сличности између два појединачна тага употребом *GloVe* (*Global Vectors for Word Representation*) модела и косинусне сличности. *GloVe* је алгоритам ненадгледаног учења за добијање векторских репрезентација речи, а у овом раду искоришћен је унапред трениран модел над *Common Crawl* подацима. Сличност комбинације тагова и категорије представљена је кроз низ параметара на основу којих се одређује којим категоријама податак треба да припада.

Приступ приказан у раду евалуиран је кроз 10 независних циклуса коришћењем података са канадског портала отворених података, на коме се налази више од 30000 скупова података. Резултат евалуације је показао да средња вредност потпуно категорисаних података, са и без додатних категорија, за све циклусе износи 86,19%.

**Кључне речи:** отворени подаци, портали отворених података, категоризација, Formal Concept Analysis, GloVe, семантичка сличност



Теорија вештачке  
интелигенције

## Interpretability of graph-neural networks: importance of different complex network features for their classification

Darja Cvetković<sup>1</sup>, Marija Mitrović Dankulov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Physics Belgrade, University of Belgrade, darja@ipb.ac.rs, mitrovic@ipb.ac.rs

**Abstract.** Graph neural networks (GNNs) have great potential for solving a wide range of classification and prediction related problems in complex networks theory, physics and chemistry. However, the interpretability of GNNs remains a challenge, as they often function as black boxes, making it difficult to understand the underlying decision-making process.

In this work, we delve into the black box of GNNs to investigate their classification capabilities and how they depend on network structure, and explore the interpretability of their results. To initiate our investigation, we employ multiple GNN models to perform classification tasks between Erdős-Rényi (ER) and Barabási–Albert (BA) graphs. We use different GNN architectures and hyperparameters for these models, and compare their performances and results. During the GNN training process, we utilize network properties as features and employ GNNExplainer to identify the most influential features driving the classification between these distinct graph structures. We further extend our study to explore the behavior of GNN models in classifying different dk-random graphs. Specifically, we train multiple GNN models with different architectures and hyperparameters to classify between 0k, 1k and 2k random graph structures for four existing real-world networks (the Internet, US airport network, human protein interactions and techno-social web of trust). We leverage knowledge of the differences between 0k, 1k, and 2k graphs, along with variations in network properties observed in these structures for different real-world networks to interpret and analyze the results from GNNExplainer.

Our results show that all GNN models and architectures are able to efficiently distinguish between different network types with high accuracy. However, the importance of network properties in distinguishing between graph structures (ER/AB and 0k/1k/2k) depends on GNN model, network properties and GNN architecture. Furthermore, often these properties are not necessary the ones that assumed from the theory. We gain insights into the limitations associated with this approach, facilitating a comprehensive understanding of the interplay between GNNs, network properties, and graph structure classification.

**Keywords:** graph neural networks, classification, complex networks features, explainable AI





Вештачка интелигенција  
и медицина

## GNNs: a promising tool in predicting three-dimensional Hansen solubility

Darja Cvetković, Marija Mitrović Dankulov, Saša Lazović, Darija Obradović

Institute of Physics Belgrade, National Institute of the Republic of Serbia, University of Belgrade, Pregrevica 118, 11080 Belgrade, darja@ipb.ac.rs, mitrovic@ipb.ac.rs, lazovic@ipb.ac.rs, darija@ipb.ac.rs

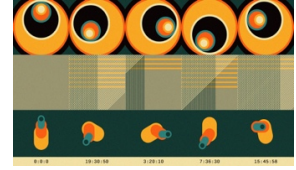
**Abstract.** Hansen solubility parameters (HSPs) offer important insights for optimization and selection of drug candidates, their pharmaceutical formulations, and solvent selection in drug discovery and analysis. These parameters encompass non-polar/dispersion ( $\delta_d$ ), polar ( $\delta_p$ ), and hydrogen-bonding ( $\delta_h$ ) forces, contributing to the total solubility ( $\delta$ ). Traditionally, HSP determination relies on resource-intensive techniques like inverse gas chromatography (IGC). To expedite the process, we have developed artificial intelligence models for reliable and accurate HSP prediction, leveraging molecular and graph-based approaches. We utilized a dataset comprising HSP values for 1192 compounds from an accessible web database <https://www.stevenabbott.co.uk>.

We train both the XGBoost and GNN models for predicting individual HSP parameters, each representing distinct physico-chemical contributions. For XGBoost modeling, we use physicochemical, geometrical and structural properties of the molecules, i.e. molecular descriptors. To streamline feature selection, we initially excluded descriptors with missing values or excessive zero values. Subsequently, a simple XGBoost model was pre-trained to identify the most relevant features for the task. For GNN models, we treat molecules as graphs and leverage atomic and bond features for learning. In both XGBoost and GNN modeling, we employed nested crossvalidation and hyper-parameter optimization to select the optimal models for final training and predictions.

We rigorously assessed model performance through various metrics, encompassing both internal ( $r^2_{\text{train}}$ ,  $RMSE$ ) and external validation ( $r^2_{\text{test}}$ ,  $RMSEP$ ,  $MEP$ ,  $CCC$ ,  $ar^2_m$ ,  $\Delta r^2_m$ ). Models meeting specific criteria ( $r^2_{\text{test}} > 0.70$ ,  $CCC > 0.50$ ) and Roy  $r$ -metrics ( $ar^2_m > 0.5$ ,  $\Delta r^2_m < 0.20$ ) were deemed acceptable. Both XGBoost and GNN models exhibited strong and robust predictive capabilities.

To assess practical utility, we tested our models on 64 compounds with experimentally determined total solubility. The GNN model demonstrated superior agreement ( $r = 0.87$ ) with experimental HSP predictions compared to existing theoretical methods in the literature. In this way, the drug discovery and development process can be significantly improved while simultaneously saving time and costs in pharmaceutical industry.

**Keywords:** drug discovery, chemical informatics, XGBoost, GNNs



Вештачка интелигенција  
и софтвер

## Креирање и анализа скупа података за предвиђање вероватноћа извршавања виртуелних метода у објектно-оријентисаним програмима

Милан Чугуровић<sup>1</sup>, Милена Вујошевић Јаничић<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Математички факултет, Универзитет у Београду, milan.cugurovic@matf.bg.ac.rs, milena.vujosevic.janicic@matf.bg.ac.rs

**Апстракт.** Профили извршавања програма садрже информације о понашању програма приликом покретања. На пример, профили укључују фреквенције извршавања делова кода, број позива функција, вероватноће позива виртуелних метода и број закључавања и откључавања монитора. Профили извршавања програма омогућавају исплативу примену агресивних оптимизација компајлера што резултује генерисањем ефикасног кода. Услед тога, много пажње посвећено је прикупљању и предикцији профила извршавања програма. Прикупљање профила ради се инструментационим профажлирањем и узорковањем док се за предвиђање профила користе технике машинског учења које захтевају креирање великог и информативног скупа података.

Креирање скупа података који омогућава тренирање модела машинског учења веома је изазовно, посебно у случају предвиђања вероватноћа извршавања виртуелних позива у објектно оријентисаним програмским језицима. Иако се не појављују често у коду, позиви виртуелних метода значајно утичу на перформансе програма. У овом раду креиран је скуп података који карактерише виртуелне позиве у програмским језицима Јава и Скала и омогућава тренирање модела машинског учења за статичко предвиђање профила извршавања виртуелних метода. Циљ овог рада је превазилажење ограничења раније представљених скупова података креираних на основу малог броја тест програма.

Креирани скуп података састоји се од 15200 виртуелних позива који су сакупљени из 104 програма из репозиторијума *GraalVM Rechability Metadata* и скупова тест програма *Renaissance*, *DaCapo* и *DaCapo con Scala*. Ови програми укључују најразличитије апликације, попут компајлера, XML-парсера, форматера кода, апликација које имплементирају алгоритаме машинског учења и генетске алгоритме, затим великог броја библиотека, на пример библиотека које омогућавају рад са базама података, компресију података, логовање, мрежну комуникацију, веб сервере и подршку за примање и слање електронске поште. Профили виртуелних позива прикупљени су инструментационим профажлирањем, док је екстракција атрибута који описују виртуелне позиве имплементирана као посебна фаза компајлера Грал.

Креирани скуп података могуће је користити за тренирање модела машинског учења који ће предвиђати виртуелне позиве у комерцијалним апликацијама обзиром да је скуп

података креиран на основу великог броја апликација које се користе у пракси. У оквиру излагања ће, поред својстава и анализе креираног скупа података бити представљен и модел ансамбла случајних шума за предвиђање профила виртуелних позива трениран на креираном скуп података. Како кардиналност броја могућих имплементација виртуелног позива може значајно варирати, креирани модел дизајниран је као регресиони модел који предвиђа вероватноћу извршавања сваке појединачне имплементације виртуелног позива. Дистрибуција вероватноћа појединачних позива добијена је нормализацијом предвиђених вероватноћа.

Овај рад се реализује у оквиру пројекта сарадње Математичког факултета и компаније *Oracle Labs*. Делимично је подржан и пројектом 451-03-47/2023-01/200104 Министарства просвете, науке и технолошког развоја.

**Кључне речи:** креирање скупа података, анализа података, предвиђање виртуелних позива, компајлер Грал



Језички модели

## Велики језички модели за српски језик

Михаило Шкорић<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Рударско-геолошки факултет – Универзитет у Београду, mihailo.skoric@rgf.bg.ac.rs

**Апстракт.** Излагање ће се бавити карактеристикама (великих) језичких модела, поготово оних обучених специјално за српски језик. Најпре ће бити представљени различити типови великих језичких модела и њихове карактеристике, а онда и модели за српски језик обучавани на корпусима Друштва за језичке ресурсе и технологије, и који су проистекли из претходног истраживања. Из групе генеративних модела биће приказано два предобучена генеративна трансформера (ГПТ), конкретно ГПТ2-орао (800 милиона параметара) и ГПТ2-врабац (130 милиона параметара), док ће из групе енкодерских модела бити приказано још два модела заснована на архитектури *RoBERTa*, један већи (355 милиона параметара) и један мањи (125 милиона параметара). Биће приказана студија њихове успешности на неколико задатака у зависности од типа, где ће се генеративни модели поредити на задатку генерисања текста, а енкодерски на задацима попут векторизације и допуњавања реченица. Резултати ће том приликом бити поређени са онима које остварују други јавно доступни језички модели за српски језик. Коначно, биће приказан увид у план обучавања постојећих модела за обављање одређених задатака, као и обучавање нових модела за српски језик у контексту новог научног пројекта у области моделирања језика који је финансиран од стране Фонда за науку републике Србије и који носи име *Text Embeddings – Serbian Language Applications* (Примене векторизације на српске текстове).

**Кључне речи:** Језички модели, српски језик, обрада природног језика, генерисање текста



Обрада природног језика

## Сврставање српских речи у емоционалне и моралне категорије

мр Милена Шошић<sup>1</sup>, др Јелена Граовац<sup>2</sup>

<sup>1</sup> докторанд, Математички факултет Унивезитета у Београду, pd202030@alas.matf.bg.ac.rs

<sup>2</sup> доцент, Математички факултет Унивезитета у Београду, jgraovac@matf.bg.ac.rs

**Апстракт.** У оквиру ове презентације биће представљене наше активности на прављењу речника на српском језику који речи сврстава у предефинисане категорије према присуству емоционалног афекта или моралне вредности. Прављење ових речника је инспирисано постојећим речницима на другим језицима и заснива се на техникама и моделима вештачке интелигенције, односно машинског учења, са циљем што прецизније категоризације речи у емоционалне и моралне категорије.

Развој емоционалног речника на српском језику се ослања на ЕмоЛекс (енг. EmoLex) речник енглеских речи и термина са придруженим емоционалним категоријама на енглеском језику. Речник је најпре преведен са енглеског на српски језик коришћењем алата за превођење Гугл Преводилац (енг. Google Translator), при чему су непрецизности у речнику добијеном на овај начин решене и прилагођене српском језику коришћењем напредних модела вештачке интелигенције, конкретно Чет-ГПТ (енг. Chat-GPT) модела, и њихове способности да разликују типове речи, направе синониме или потврде присуство одређене емоционалне категорије у посматраној речи. Направљени емоционални речник садржи 8150 речи из српског језика означених на присуство емоционалног афекта.

Са друге стране, за изградњу речника моралних вредности на српском језику користе се развијене технике за обраду природних језика којима се из означених корпуса издвајањем карактеристичних речи, речник прави на аутоматски начин. Овај приступ значајно убрзава процес израде речника, истовремено повећавајући његову прецизност. Коришћене технике за српски језик обухватају велике језичке моделе за означавање корпуса у моралне категорије, моделе дубоког учења за одређивање типа речи и лематизацију, напредне алгоритме за утврђивање интензитета сентимента у тексту, као и различите математичке методе за проналажење најзначајнијих речи за сваку предефинисану категорију из означеног текстуалног корпуса.

Прелиминарни резултати указују да је тачност препознавања емоционалних категорија у тексту на основу речника који је изграђен на овај начин унапређена у просеку за 4.2% у односу на речник који је добијен коришћењем алата за аутоматско превођење. Упоредним тестовима најбољих речника на српском и енглеском језику над паралелним корпусом текстова означених на присуство емоционалности, најбоља верзија српског речника је у просеку за 5.2% успешнија у тачном препознавању емоционалних категорија у односу на речник за енглески језик.

**Кључне речи:** емоционалност, моралност, речник, српски језик, велики језички модели, обрада природних језика



Резоновање

## АТ МАТАДОР - идеја иза пројекта

Ивана Штајнер-Папуга<sup>1</sup>, Андреја Тепавчевић<sup>1,2</sup>, Вања Степановић<sup>3</sup>, Драган Јочић<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду,  
ivana.stajner-papuga@dmi.uns.ac.rs, andreja@dmi.uns.ac.rs,

<sup>2</sup> Математички институт Српске академије наука и уметности,  
jocicndragan@gmail.com

<sup>3</sup> Пољопривредни факултет, Универзитет у Београду,  
vanja@agrif.bg.ac.rs

**Апстракт.** Пројекат под називом *Напредне технике математичке агрегације и апроксимативног решавања једначина у дигиталним операционим истраживањима*, или скраћено АТ МАТАДОР, има за циљ развој и истраживање нових техника у савременим математичким областима које укључују операторе агрегације и решавање апроксимативних једначина. Главни циљ је добијање напредних техника применљивих у области дигиталних операционих истраживања, са посебним освртом на решавање проблема у дигиталној форензици. Предложено истраживање ће комбиновати класичне технике рачунарске интелигенције које потичу из математичких структура са новим процедурама заснованим на савременим математичким алатима из теорије фази скупова и теорије доношења одлука, као што су оператори агрегације, фази мере и фази релационе једначине. Стога, радни пакети обухватају *Напредне технике у области релационих једначина*, *Напредне технике у области оператора агрегације* и *Примене на операциона истраживања и дигиталну форензику*. Главни очекивани резултат пројекта је развој нових нестандартних математичких метода у оквирима дигиталних операционих истраживања, конструисаних уз помоћ фази логике, фази система, фази релационих једначина, техника теорије одлучивања, фази мера и оператора агрегације.

**Кључне речи:** фази логика, фази системи, фази релационе једначине, теорија одлучивања, фази мере, оператори агрегације

---

Истраживање спроведено уз подршку Фонда за науку Републике Србије, БРОЈ ПРОЈЕКТА 6565, Напредне технике математичке агрегације и апроксимативног решавања једначина у дигиталним операционим истраживањима АТ-МАТАДОР

## Садржај:

|  |     |
|--|-----|
| Програмски и организациони одбор .....   | II  |
| Предговор .....  | III |
| Легенда .....  | 1   |
| Уводна предавања.....  | 2   |
| <i>Стеван Гостојић</i><br>Вештачка интелигенција и право .....   | 4   |
| <i>Бранислав Кисачанин</i><br>Шта следеће можемо да очекујемо од вештачке интелигенције?.....  | 5   |
| <i>Улфета А. Маровац</i><br>Речима до срца: анализа емоција и сентимента .....   | 6   |
| <i>Ранка Станковић</i><br>Дигитални пут српског језика: ресурси, модели и технологије .....  | 8   |
| <i>Павле Суботић</i><br>Исправка програма вођена статичком анализом .....  | 9   |
| <i>Душан Сурла</i><br>Искуства из области вештачке интелигенције у образовању кадрова и примени у привреди .....   | 10  |
| Зборник апстраката .....   | 11  |
| <i>Алдина Р. Авдић, Улфета А. Маровац, Наташа З. Ђорђевић, Лејлија М. Мечић, Зана Ћ. Долићанин, Горан М. Бабић</i><br>Класификација биомедицинских података у циљу предикције болести у трудноћи ..... | 12  |
| <i>Алдина Р. Авдић, Улфета А. Маровац, Драган С. Јанковић</i><br>Аутоматско означавање медицинских података на српском језику за потребе сервиса паметног здравства .....                              | 14  |
| <i>Ognjen Antonijević, Slobodan Jelić, Branislav Bajat, Milan Kilibarda</i><br>Transfer learning approach based on satellite image time series for the crop classification problem .....               | 16  |
| <i>Карло Бала, Дубравко Ђулибрк, Микеле Бандеки (Michele Bandedcchi)</i><br>Класификација земљишног покривача помоћу сателитских снимака .....   | 17  |



|  |    |
|--|----|
| <i>Карло Бала, Дубравко Ћулибрк, Микеле Бандеки (Michele Bandecchi)</i><br>Трансформација одређивања влажности земљишта: Виртуелни сензори подржани дубоким учењем ..... | 19 |
| <i>Карло Бала, Велибор Илић</i><br>Програмирање са подршком вештачке интелигенције: Коришћење ChatGPT-а као подршке за генерисање кода .....                             | 21 |
| <i>Војан Благојевић</i><br>Raising Skynet: Perspectives of an AI-educational Ethics .....  | 22 |
| <i>Vukasin Bozic, Björn Braun, Andreas Fender</i><br>Removing pulse rate information from facial videos for preserving privacy using computer vision .....               | 23 |
| <i>Станислава Босиочић, Милева Самарџић-Петровић, Младен Шошкић, Небојша Босиочић</i><br>Одређивање значајности атрибута у процесу процене вредности непокретности ..... | 25 |
| <i>Петар Бошковић</i><br>Примена DMD алгоритма у инжењерским прорачунима .....   | 27 |
| <i>Владимир Винџан, Огњен Кундачина, Драгиша Мишковић</i><br>Аутоматско препознавање говора на српском језику базирано на дубоком учењу .....                            | 28 |
| <i>Александра Вучковић, Власта Сикимић</i><br>Употреба великих језичких модела и предиктивних модела у образовању .....  | 29 |
| <i>Горана Гојић, Владимир Винџан, Огњен Кундачина, Драгиша Мишковић, Дину Драган</i><br>Природна робусност модела дубоког машинског учења у рачунарској визији .....     | 31 |
| <i>Татјана Давидовић</i><br>Метахеуристике као алати вештачке интелигенције .....  | 32 |
| <i>Мирко Динуловић</i><br>Анализа губитка динамичке стабилности композитних плоча методама машинског учења .....   | 33 |
| <i>Зорица Додевска, Борис Делибашић, Дубравко Ћулибрк</i><br>Оптимизација пристрасних вредности варијабли одлучивања за фер вишекритеријумско рангирање .....            | 35 |
| <i>Ana Dodig, Sanja Vujnović, Milan Stojković</i><br>Comparative Analysis of Data Denoising Techniques and Their Impact on ML-Based Predictions .....                    | 37 |

|  |    |
|--|----|
| <i>Dragan Đurić</i><br>Uncomplicate - Software Libraries for Machine Learning and High Performance Computing .....   | 39 |
| <i>Милета Жарковић, Горан Добрић, Соња Кнежевић, Милица Влаисављевић</i><br>Могућности примене вештачке интелигенције у електроенергетици .....  | 40 |
| <i>Ђорђе Жикелић</i><br>Неуро-симболички оквир за учење и формалну верификацију неуралних контролера и сертификата у динамичким системима .....  | 41 |
| <i>Анђелка Зечевић, Јована Ковачевић</i><br>Одређивање кодова болести уз помоћ техника обраде природних језика .....   | 42 |
| <i>Ивана Зиројевић</i><br>Безбедносни аспекти употребе вештачке интелигенције у савременим оружаним сукобима .....   | 43 |
| <i>Милица Иконић Нешић</i><br>Језички модели за препознавање и повезивање именованих ентитета .....  | 44 |
| <i>Анђелија Ж. Илић, Марко Динчић, Тијана Штајнер, и Александар М. Трбовић</i><br>Класификација хистолошких целина на основу морфолошких и текстуалних одредница .....   | 46 |
| <i>Александар Јовановић, Душан Теодоровић</i><br>Примена фази логичких контролера за управљање светлосним сигнаlima на алтернативним раскрсницама .....  | 48 |
| <i>Данка Јокић</i><br>Примена алгоритама машинског учења за детекцију увредљивог говора на српском језику .....  | 50 |
| <i>Ана Ковачевић</i><br>Фишинг и велики језички модели .....   | 52 |
| <i>Дејан Кожовић, Драган Ђурђевић</i><br>Аспекти примене вештачке интелигенције у цивилној авијацији – кратки преглед .....  | 53 |
| <i>Јелена Коцић, Милош Богдановић, Леонид Стоименов</i><br>Језички модел за анализу српског формалног језика у законодавству – SRBerta .....   | 56 |
| <i>Ивана Кртолица, Илија Каменко, Момир Пауновић, Маја Раковић, Наташа Поповић, Ана Атанацковић, Макс Таланов</i><br>Примена модела вештачких неуронских мрежа за процену зависности присуства ксенобиотика и макроинвертебрата у речним системима ..... | 58 |

|  |    |
|--|----|
| <i>Ненад Крџавац</i><br>Етимологија српског језика и вештачка интелигенција .....  | 60 |
| <i>Огњен Кундачина, Предраг Видовић, Милан Петковић</i><br>Динамичка реконфигурација напајања дистрибутивне мреже заснована на учењу подстицајем .....   | 61 |
| <i>Петар Лакчевић</i><br>Алгоритамско трговање вођено анализом расположења – Кретање кроз геополитичке кризе .....   | 62 |
| <i>Адела Љајић, Милош Кошпрдић, Бојана Башарагин, Дарија Медвецки, Никола Милошевић</i><br>Verif.ai: Напредни систем верификације одговора генеративних језичких модела у биомедицинском домену .....                      | 63 |
| <i>Драгица Љубисављевић, Марко Копривица, Александар Костић</i><br>Квантитативна анализа текстова генерисаних од стране „ChatGPT“ и од стране људи .....   | 65 |
| <i>Весна Маринковић, Милан Банковић</i><br>Аутоматско решавање конструктивних проблема у геометрији .....  | 66 |
| <i>Весна Маринковић, Филип Марић</i><br>Едукативни системи за аутоматско решавање конструктивних проблема у геометрији .....   | 68 |
| <i>Софија Марковић, Анђела Родић, Огњен Милићевић, Игор Салом, Магдалена Ђорђевић, Марко Ђорђевић</i><br>Примена машинског учења у епидемиолошком моделирању: анализа глобалних фактора ризика ковида-19 .....             | 70 |
| <i>Лука Матијевић</i><br>Усмеравање обуке неуронских мрежа коришћењем метахеуристичких техника .....   | 72 |
| <i>Матија Милић</i><br>Гис и вештачка интелигенција .....  | 73 |
| <i>Александар Милићевић, Зоран Марковић, Милић Ерић, Срђан Белошевић, Милета Жарковић</i><br>Примена Gradient Boosting модела за предикцију нивоа емисије прашкастих материја из термоелектране „Колубара“ .....           | 74 |
| <i>Зоран Миљаковић, Александар Миљаковић</i><br>Правне импликације развоја вештачке интелигенције на националном и глобалном нивоу и повећање ефикасности правосудних система имплементацијом вештачке интелигенције ..... | 76 |

|  |    |
|--|----|
| <i>Милан Мирчић</i><br>Систем вештачке интелигенције за бихевиорално-психолошку анализу .....  | 78 |
| <i>Теодора Михајлов</i><br>Моделовање тема на дугом и кратком тексту коришћењем латентне семантичке анализе .....  | 80 |
| <i>Саша Мисиловић</i><br>Технике за инкременталну верификацију поузданости неуралних мрежа.....  | 81 |
| <i>Катарина Митровић, Марјан Милошевић</i><br>Детекција пожара у руралним пределима применом дубоког учења .....   | 83 |
| <i>Владимир Младеновић, Данијела Милошевић, Марија Благојевић, Катарина Митровић</i><br>Развој система за праћење адекватности процеса хемодијализе са предикцијом баланса телесне течности код деце ..... | 85 |
| <i>Милош Николић, Душан Теодоровић</i><br>Планирање активности одржавања и реконструкција саобраћајница на градској мрежи применом метахеуристике Оптимизација колонијом пчела .....                       | 87 |
| <i>Мина Николић, Александар Станимировић, Леонид Стоименов</i><br>Објашњиви модели вештачке интелигенције за интерпретабилност рада Дубоких конволуционих неуронских мрежа .....                           | 89 |
| <i>Драгутин Остојић, Томаш Голонек</i><br>Индириктни метод за мерење јачине струје генерисане помоћу панела термоелектричних модула .....  | 91 |
| <i>Владимир Павловић</i><br>В.И. и много нијанси сиве .....  | 92 |
| <i>Саша Петалинкар</i><br>Компаративна анализа метода за израду лексикона сентимента Српског Ворднета по моделу Сентиворднета .....  | 93 |
| <i>Наташа Прџуљ</i><br>AI for Multi-Omics Data Fusion: Understanding Molecular Complexity Enabling Precision Medicine .....  | 94 |
| <i>Иван Прокић, Силвиа Гилезан, Симона Прокић, Мирослав Поповић, Марко Поповић, Иван Каштелан</i><br>Оркестрација алгоритама федеративног учења из угла формализације и верификације .....                 | 95 |

|  |     |
|--|-----|
| <i>Соња Д. Раденковић, Александра Ристић, Александар Мартић</i><br>A2A PROSIG – Систем за интелигентно генерисање величине производа у<br>електронској трговини .....                                      | 96  |
| <i>Тијана Радовић</i><br>#BlackLivesMatter: Примена анализе сентимента у Твитер објавама на примеру<br>антирасистичких протеста у Америци 2020. ....   | 98  |
| <i>Бобан Саздић-Јотић, Бобан Бонцулић, Иван Покрајац</i><br>Компаративна анализа класификације дрона у радио-фреквенцијском домену<br>применом алгоритама дубоког учења .....                              | 100 |
| <i>Александар Секулић, Слободан Јелић, Милан Килибарда</i><br>Просторна интерполација машинским учењем .....   | 102 |
| <i>Милош С. Станковић, Марко Беко, Срђан С. Станковић</i><br>Дистрибуирано вишеагентно актор-критик учење поткрепљењем базирано на<br>консензус стратегији .....   | 104 |
| <i>Богдана Станојевић, Милан Станојевић</i><br>О моделирању регресије у фази окружењу .....  | 105 |
| <i>Страхиња Станојевић, Милена Вујошевић Јаничић</i><br>Креирање скупа података за одређивање параметара компилације .....   | 106 |
| <i>Драган Стевановић</i><br>Учење с утврђивањем за графове .....   | 108 |
| <i>Предраг Стевановић, Немања Димић, Ирина Ненадић, Марко Ђурић, Сузана<br/>Бојић, Марина Бобош, Небојша Радовановић, Игор Кончар</i><br>Примена Хололенс 2 у медицини – приказ трогодишњег искуства ..... | 109 |
| <i>Сања Стевановић</i><br>Предвиђање облика енергетских оптерећења за канцеларију са надстрешницом на<br>основу малог броја енергетских симулација .....   | 111 |
| <i>Вања Степановић</i><br>Један довољан услов важења алгорита транзитивног затворења .....   | 112 |
| <i>Ивана Стефановић, Катарина Кукић, Ана Узелац</i><br>Вештачка интелигенција у служби иновација у малопродаји у Србији .....  | 114 |
| <i>Петар Стојковић, Предраг Тадић</i><br>Предикција локације објекта у реалном времену коришћењем ЛСТМ неуралне<br>мреже и полиномијалне регресије .....   | 115 |

|  |     |
|--|-----|
| <i>Вања Суботић, Миљана Милојевић</i><br>Улога постконекционистичких модела у истраживању људских когнитивних способности .....  | 116 |
| <i>Бојан Томић, Анисја Кијевчанин, Јелена Јовановић, Зоран Шеварац</i><br>Побољшање објашњивости ВИ модела на примеру оцењивања тимског рада студената програмирања .....              | 118 |
| <i>Момчило Тошић, Јана Живковић, Слободан Јелић, Татјана Јакшић Кругер, Татјана Давидовић</i><br>Модел машинског учења за предикцију времена решавања инстанци P  Cmax проблема .....  | 119 |
| <i>Марко Тумбас, Софија Марковић, Игор Салот, Марко Ђорђевић</i><br>Анализа социо-демографских предиктора клиничке озбиљности COVID-19 применом машинског учења .....                  | 120 |
| <i>Невена Туфегџић, Леонид Стоименов</i><br>Примена вештачке интелигенције у афективном рачунарству .....  | 121 |
| <i>Милена Фртунић Глигоријевић, Милош Богдановић, Леонид Стоименов</i><br>Примена FCA методе у анализи тагова и категорија података на порталима отворених података .....              | 122 |
| <i>Darija Cvetković, Marija Mitrović Dankulov</i><br>Interpretability of graph-neural networks: importance of different complex network features for their classification .....        | 124 |
| <i>Darija Cvetković, Marija Mitrović Dankulov, Saša Lazović, Darija Obradović</i><br>GNNs: a promising tool in predicting three-dimensional Hansen solubility .....                    | 125 |
| <i>Милан Чугуровић, Милена Вујошевић Јаничић</i><br>Креирање и анализа скупа података за предвиђање вероватноћа извршавања виртуелних метода у објектно-оријентисаним програмима ..... | 126 |
| <i>Михаило Шкорић</i><br>Велики језички модели за српски језик .....   | 128 |
| <i>Милена Шошић, Јелена Граовац</i><br>Сврставање српских речи у емоционалне и моралне категорије .....  | 129 |
| <i>Ивана Штајнер-Папуга, Андреја Тепавчевић, Вања Степановић, Драган Јочић</i><br>АТ МАТАДОР - идеја иза пројекта .....  | 131 |