**Modeli veštačke inteligencije u ekologiji i inženjerstvu zaštite životne sredine**

Dr Ivana Krtolica

Istraživačko-razvojni institut za veštačku inteligenciju Srbije, Fruškogorska 1, Novi Sad

1. **Uvod**

Usled brojnih nekontrolisanih, neodgovarajućih i devastirajućih antropogenih aktivnosti i prirodnih procesa prirodni resursi vremenom se transformišu u ekološki neprihvatljive kategorije kvaliteta. Progresivno narušavanje kvaliteta ekosistema nepovoljno utiče na kvalitet života svih živih organizama i životnog staništa. Negativan uticaj antropogenog delovanja na životnu sredinu ima kumulativan efekat, sa potencijalom trajnog narušavanja svih resursa neophodnih za opstanak živog sveta. Adekvatan i precizan monitoring akvatičnih ekosistema, vazduha i zemljišta značajno doprinose ažurnom reagovanju nadležnih institucija u slučaju detekcije povišenih vrednosti zagađujućih materija, ranoj najavi poplava i sprečavanju opasnih situacija.

Predikcioni modeli zasnovani na veštačkoj inteligenciji (VI) mogu značajno doprineti monitoring procesima ekosistema kroz analizu obimnih skupova podataka u realnom vremenu, identifikaciju obrazaca i predikciju potencijalnih problema pre nego što postanu kritični. VI modeli mogu automatizovati procese prikupljanja i analize podataka, omogućavajući preciznije i brže odgovore na ekološke izazove, što rezultira kvalitetnijom brigom o životnoj sredini.

 **2. Princip funkcionisanja modela zasnovanih na veštačkoj inteligenciji**

Razvoj veštačkih neuronskih mreža inspirisan je biološkim nervnim sistemom, te se i funkcije prirodnog i veštačkog neurona mogu u određenoj meri porediti **[1]**. Princip funkcionisanja biološkog nervnog sistema zasnovan je na prenošenju nervnog impulsa od kratkih nastavaka, dendrita preko tela nervne ćelije do dugačkog nastavka neurona - aksona. Veza između 2 neurona, sinapsa, je struktura koja neuronu omogućava prenos električnog ili hemijskog signala do drugog neurona ili organa efektora. Sumator funkcije veštačke neuronske mreže funkcioniše analogno sinapsama biološkog nervnog sistema, omogućavajući prenos i obradu informacija. Ulazni neuroni primaju signale iz spoljnog okruženja, koji se zatim prenose kroz mrežu, prolazeći kroz više slojeva skrivenih neurona. Na kraju, izlazni neuroni generišu odgovarajući izlaz, što je analogno reakcijama ili odlukama koje donosi biološki nervni sistem **[2]**. Kroz proces učenja, veštačke neuronske mreže mogu poboljšati svoje performanse, prilagođavajući težine veza među neuronima kako bi optimizovale rezultate, slično načinu na koji se biološke neuronske mreže adaptiraju kroz iskustvo kojim su trenirani. Tokom procesa treniranja, ovi modeli analiziraju velike količine podataka, identifikuju obrasce i odnose između podataka, te koriste ove informacije za donošenje predikcija ili odluka. Setovi podataka na kojima se modeli treniraju mogu sadržati različite vrste informacija, kao što su slike, tekst, zvuk ili numerički podaci, zavisno od specifične primene modela.

Pronalaženje korelacije među analiziranim parametrima u modelu veštačkih neuronskih mreža zasnovano je na matematičkim operacijama koje omogućavaju otkrivanje i kvantifikaciju odnosa između različitih varijabli u podacima. Ove operacije uključuju različite tehnike statističke analize, linearne algebre, i optimizacije **[3]**.

U cilju olakšavanja analize i konzistentnosti podataka podaci prolaze kroz proces normalizacije ili standardizacije **[4]**. Nakon toga, podaci se unose u mrežu putem ulaznog sloja. Unutar neuronskih slojeva, parametri se ažuriraju pomoću matematičkih operacija kao što su množenje matrica i primena aktivacionih funkcija. Mreži se jasno postave ulazni i izlazni parametri koje treba da koreliše i što bolje prediktuje njihovu međusobnu zavisnost. Odgovarajućim metrikama za procenu performansi odabranog modela veštačkih neuronskih mreža procenjuje se predikciona moć modela. Radi postizanja što veće preciznosti u modelima zasnovanim na veštačkoj inteligenciji, parametri koji čine arhitekturu neuronske mreže se optimizuju. Ovaj proces uključuje podešavanje hiperparametara kao što su broj slojeva, broj neurona po sloju, stopa učenja i druge varijable koje utiču na performanse i tačnost modela **[5]**.

Aktivacione funkcije, kao što su sigmoidna, ReLU (Rectified Linear Unit), i tanh funkcija, pomažu u modeliranju nelinearnih odnosa između ulaza i izlaza **[6]**. Tokom treniranja, model koristi metode optimizacije, kao što su gradijentni spust, da minimizuje funkciju greške **[7]**. Funkcija greške kvantifikuje razliku između predikcija modela i stvarnih vrednosti, i njenim minimizovanjem model uči da bolje predviđa izlaze na osnovu ulaza.

Korelacija među parametrima može se analizirati i vizualizovati korišćenjem alata kao što su matrice korelacije, koje pomažu istraživačima da identifikuju koje varijable imaju jak pozitivan ili negativan odnos, što može biti korisno za dalju interpretaciju modela i donošenje odluka.

Dodatno, tehnike kao što su analiza glavnih komponenti (engl.Principal Component Analysis) i singularna dekompozicija vrednosti (engl. Singular Value Decomposition) koriste se za smanjenje dimenzionalnosti podataka, što olakšava pronalaženje značajnih obrazaca i odnosa među parametrima. Ove tehnike pomažu u identifikaciji glavnih faktora koji utiču na performanse modela, omogućavajući efikasnije treniranje i bolju interpretaciju rezultata **[8,9]**.

Treniranjem modela koristi se niz tehnika i algoritama, uključujući nadgledano učenje, nenadgledano učenje i učenje pojačanjem **[10]**. Kod nadgledanog učenja, model se obučava na unapred označenim podacima, gde su ulazni podaci povezani sa odgovarajućim izlazima ili oznakama. U nenadgledanom učenju, model analizira podatke koji nisu unapred označeni, pokušavajući da otkrije skrivene strukture ili obrasce unutar podataka. U učenju pojačanjem, model uči kroz interakciju sa okruženjem, koristeći sistem nagrada i kazni kako bi optimizovao svoje ponašanje.

Modeli veštačke inteligencije koriste različite arhitekture, kao što su konvolucione neuronske mreže (engl. Convolutional Neural Networks - CNN) za obradu slika, rekurentne neuronske mreže (engl. Recurent Neural Networks - RNN) za obradu sekvencijalnih podataka, te transformatori koji su posebno efikasni u zadacima obrade prirodnog jezika. Performanse ovih modela u velikoj meri zavise od kvaliteta i kvantiteta podataka na kojima su trenirani, kao i od izbora hiperparametara i algoritama za optimizaciju **[11]**. Nakon treniranja, modeli veštačke inteligencije mogu se koristiti u raznim aplikacijama, kao što su prepoznavanje govora, prepoznavanje lica, automatsko prevođenje, medicinska dijagnostika, analitika tržišta, autonomna vožnja i mnoge druge. Jednom obučena mreža uspešno rešava probleme iz iste klase problema, što omogućava razvoj različitih web alata i aplikacija.

Važan aspekt primene ovih modela je i etička odgovornost, jer upotreba tehnologija baziranih na veštačkoj inteligenciji mora biti u skladu sa principima privatnosti, sigurnosti i nepristrasnosti.

 **3. Primeri primene veštačke inteligencije u ekologiji i inženjerstvu zaštite životne sredine**

Mogućnost obrade velikih setova podataka, sposobnost obrade slike i satelitskih snimaka integrisani kroz različite modele bazirane na veštačkoj inteligenciji i implementirani kroz različite aplikacije i web alate, može značajno doprineti bržem monitoringu životne sredine. Ovi sistemi omogućavaju promptno reagovanje u slučaju prirodnih hazarda i optimalno iskorišćavanje prirodnih resursa.

Primena veštačke inteligencije u obradi satelitskih snimaka omogućava precizno praćenje promena u ekosistemima, detekciju krčenja šuma, praćenje kvaliteta vazduha i vode, te identifikaciju područja pogođenih sušama ili poplavama. Algoritmi za prepoznavanje obrazaca i detekciju anomalija mogu automatski analizirati ogromne količine podataka i brzo identifikovati potencijalne probleme, što omogućava blagovremenu intervenciju **[12]**.

Aplikacije bazirane na veštačkoj inteligenciji mogu koristiti prediktivne modele za prognoziranje ekoloških događaja, kao što su erozija tla ili širenje invazivnih vrsta. Ovi modeli koriste istorijske podatke i informacije prikupljene u realnom vremenu kako bi pružili tačne prognoze i omogućili donosiocima odluka da blagovremeno preduzmu preventivne mere.

Web alati omogućavaju lakši pristup podacima i analizama širokom spektru korisnika, od naučnika i istraživača do javnih službi i nevladinih organizacija. Integracija veštačke inteligencije sa GIS (Geografski Informacijski Sistemi) tehnologijama omogućava detaljnu prostornu analizu i vizualizaciju podataka, što dodatno olakšava monitoring i upravljanje prirodnim resursima **[13]**.

U kontekstu hazarda, veštačka inteligencija može značajno unaprediti sisteme za rano upozoravanje i odgovor na katastrofe. Na primer, algoritmi za obradu podataka mogu analizirati seizmičke podatke kako bi predvideli zemljotrese ili pratiti atmosferske parametre za rano otkrivanje uragana ili tornada u oblastima u kojima je poznata pojava ovih prirodnih nepogoda. Razvoj web alata i aplikacija omogućava automatsko distribuiranje ovih informacija relevantnim agencijama i javnosti, čime se smanjuje rizik od gubitka života i materijalne štete **[14]**.

Optimalno iskorišćavanje resursa postaje moguće kroz preciznu poljoprivredu, gde veštačka inteligencija analizira podatke prikupljene sa senzora i satelitskih snimaka kako bi optimizovala navodnjavanje, korišćenje đubriva i zaštitu useva, što rezultira povećanjem prinosa i smanjenjem ekološkog otiska.

**3.1. Veštačke neuronske mreže kao alat za procenu kvaliteta Dunava: makrofite kao indikatori klasa ekološkog statusa**

Dunav je posle Volge, druga najduža i druga vodom najbogatija reka u Evropi, te najduža reka u Evropskoj uniji. Procena ekološkog statusa vodnih tela od međunarodnog značaja, kao što je Dunav, predstavlja izazovan zadatak. Analiza svih relevantnih parametara za procenu ekološkog statusa Dunava iziskuje značajne materijalne troškove, ljudske resurse iz različitih naučnih oblasti i istovremeno uključivanje istraživača iz svih podunavskih zemalja. Najveća do sada sprovedena istraživanja reke Dunav realizovana u organizaciji Međunarodne komisije za zaštitu Dunava (engl. International Commission for the Protection of the Danube River - ICPDR) su Zajednička istraživanja Dunava koja se od 2001. godine realizuju na svakih 6 godina. Cilj organizovanja ovih istraživanja je prikupljanje svih zvanično propisanih parametara za procenu ekološkog statusa vodnih tela od strane Okvirne Direktive o vodama. Poznato je da se određene biljne vrste mogu smatrati indikatorima zagađenosti lokaliteta na kom su zastupljene. Makrofite, golim okom vidljive biljke, su jedan od pet zvaničnih bioloških parametara za procenu ekološkog statusa vodnih tela propisanih od strane Okvirne Direktive o vodama. U radu **[15]** predstavljen je model veštačkih neuronskih mreža kreiran na osnovu podataka sakupljenih tokom trećeg Zajedničkog istraživanja Dunava (engl. Joint Danube Survey 3) sa ciljem određivanja korelacije prisustva određenih vrsta makrofita i koncentracionih nivoa rastvorenog kiseonika, ortofosfatnih, nitratnih i nitritnih anjona. Razvoj modela visokih predikcionih performansi omogućio bi da se na osnovu strukture makrofita može predvideti hemijski status vodnog tela sa visokim procentom tačnosti. Ulazni parametri u kreiranom modelu VNM-a su vrste makrofita detektovane duž rečnog toka Dunava na 68 lokaliteta, sa obe strane rečne obale, dok su izlazne varijable predstavljale klase ekološkog statusa Dunava determinisane na osnovu koncentracija rastvorenog kiseonika, ortofosfatnih, nitratnih i nitritnih anjona. Selekcija parametara korišćenih u modelovanju zasnovana je na domenskom znanju eksperta iz oblasti bioloških nauka, te su vrste poznate kao eurivalentne na povišene koncentracije polutanata i kosmopolitske vrste izuzete iz modelovanja. Razvijeni model je sa visokim procentom tačnosti (iznad 85%) prediktovao klase ekološkog statusa na osnovu zadatih ulaznih parametara i potvrdio mogućnost promptne *in situ p*rocene klasa ekološkog statusa vodnih tela na osnovu strukture biljnih zajednica. Makrofite, kao golim okom vidljive biljke, lako se detektuju na terenu, te su rezultati ovog istraživanja značajno doprineli bržem monitoringu kvaliteta vodnih tela. Razvijeni model dubokih neuronskih mreža sa propagacijom signala unazad omogućio je obradu obimnog seta podataka i istovremenu obradu podataka sakupljenih duž čitavog toka reke Dunav. Broj ulaznih neurona u modelu veštačke neuronske mreže analogan je broju vrsta makrofita koje su uljučene u analizu, dok je broj neurona u izlaznom sloju određen brojem klasa ekološkog statusa determinisanih na osnovu koncentracionih nivoa hemijskih parametara uključenih u analizu. Uključivanjem dodatnih parametara u modelovanje, kao što su hidromorfološki parametri ili dodatni indikatori hemizma sredine, preciznost procene strukture staništa koje pogoduje različitim vrstama makrofita može se dodatno povećati.



**Slika 1.** Arhitekturaveštačke neuronske mreže kreirane za procenu klasa ekološkog statusa na osnovu prisustva makrofita **[15]**

**3.2. Analiza audio i vizuelnih podataka sa udaljenih lokaliteta**

Ugradnja kamera, senzora i čipovanje životinja omogućava praćenje podataka u realnom vremenu i njihovo povezivanje na server na kojem se podaci prikupljaju i analiziraju. Ove tehnologije omogućavaju kontinuirani nadzor nad kretanjem, zdravljem i ponašanjem životinja, što je posebno korisno u oblasti zaštite životne sredine, poljoprivrede i stočarstva. Podaci prikupljeni putem kamera mogu se koristiti za identifikaciju pojedinačnih jedinki i praćenje njihovih aktivnosti, dok senzori mogu meriti vitalne znakove, kao što su srčani ritam i temperatura tela. Čipovanje omogućava dugotrajno praćenje lokacije i identiteta životinja putem RFID (engl. Radio Frequanecy Identification) tehnologije **[16]**. Ovi sistemi omogućavaju pravovremeno otkrivanje potencijalnih zdravstvenih problema, praćenje migracija i obrazaca ponašanja, kao i bolju kontrolu nad populacijama divljih i domaćih životinja. Kroz naprednu analitiku podataka na serveru, moguće je generisati detaljne izveštaje i prediktivne modele koji pomažu u donošenju odluka i implementaciji strategija za očuvanje i upravljanje resursima. Ovaj vid praćenja opasnih životinja i vrsta koje su potencijalni prenosioci zaraznih bolesti omogućava veću bezbednost ljudi bez potrebe za odlaskom na teren i suočavanjem sa životno ugrožavajućim okolnostima.

Ovaj segment tehnološke revolucije ne samo da neopravdano izaziva strah od zamene ljudskog faktora ”mašinama”, već apsolutno opravdava dalji tehnološki razvoj, koji čoveku može doneti isključivo benefite, faunu opasnih i ugroženih vrsta zaštiti, sprečiti negativan prirodni priraštaj ugroženih vrsta i zaštiti čoveka od izloženosti opasnostima usled izučavanja životinja prenosioca zaraznih bolesti.



**Slika 2.** Sistem za praćenje divljih životinja koji koristi infracrvene senzorske čvorove raspoređene po šumskom području za praćenje životinja

**3.3. Povećanje energetske efikasnosti**

Poznata je činjenica da je sagorevanje fosilnih goriva jedan od ključnih izvora zagađenja vazduha i ključni uzrok globalnog zagrevanja. Na globalnom nivou više od 20% smrti na globalnom nivou prouzrokovana je zagađenjem vazduha, te je zamena fosilnih obnovljivim izvorima energije važan segment u očuvanju kvaliteta životne sredine i zdravlja ljudske populacije **[17]**. Solarna energija, kao obnovljivi izvor energije, dobra je alternativa fosilnim gorivima sa niskim uticajem na životnu sredinu. Ugradnja solarnih panela postaje vremenom sve atraktivnija alternativa za korišćenje solarne energije kao alternative fosilnim gorivima, a preciznom estimacijom krovova dodatno se povećava efikasnost.

Primenom modela veštačke inteligencije moguća je precizna estimacija pogodnosti krovova za ugradnju solarnih panela. U cilju povećanja upotrebe solarne energije u Srbiji, razvijen je solarni 3D urbani model dela opštine Zvezdara u Beogradu za proračun i vizualizaciju solarnog energetskog potencijala krovova zgrada. Dobijeni su LiDAR (engl. Light Detection and Ranging) podaci od grada Beograda, na osnovu kojih je kreiran 3D model i proračuni. LiDAR tehnologija koristi lasere za merenje udaljenosti objekata na Zemljinoj površini tako što emituje laserske impulse i meri vreme potrebno da se ti impulsi odbiju od objekata i vrate do senzora. Rezultat su visoko precizni 3D modeli terena i objekata, uključujući visinu, oblik i strukturu površina kao što su zgrade, drveće i drugi elementi pejzaža. LiDAR podaci se široko koriste u kartografiji, urbanom planiranju, šumarstvu, arheologiji i mnogim drugim oblastima.

Za potrebe estimacije solarnog potencijala krovova korišćen je Digitalni model površine (engl. Digital Surface Model) i sloj Otisaka zgrada za kreiranje sloja solarne radijacije, koji uzima u obzir položaj sunca tokom cele godine i u različitim delovima dana. Model uzima u obzir prepreke, kao što su obližnja stabla i zgrade koje mogu blokirati sunčevu svetlost, kao i nagib i orijentaciju krovova. Odgovarajući krovovi selektovani su na osnovu površine, nagiba i orijentacije, i utvrđeno je da ovaj deo opštine u Beogradu može proizvesti skoro 20.000 MWh godišnje **[18]**.

**3.4. Blagovremena predikcija poplava**

Kako u mnogim segmentima povezanim sa inženjerstvom zaštite životne sredine, i u hidrologiji VI je zauzela superioran položajkao alat u različitim predikcionim modelima.

Hidrološki model za ranu najavu poplava koji se primenjuje za reku Savu zasnovan je na tome da se padavine i temperatura iz numeričkih vremenskih prognoza pretvaraju u protok, te dalje pomoću hidrauličkog modela za nizvodnu transformaciju proticaja i proračun vodostaja **[19]**.

Na osnovu već postojećih hidroloških modela moguće je razviti modele veštačke inteligencije koji bi obučeni na osnovu istorijskih podataka relevantnih za predikciju poplava mogli da predvide vodostaj par dana unapred, i povezani sa odgovarajućom aplikacijom informacije o eventualnom hazardu učine dostupnim građanstvu. Pristup informacijama o ponašanju dinamčkih sistema u prirodi, kakvi akvatični ekosistemi svakako jesu, zahvaljujući implementaciji modela VI povezanih sa različitim aplikacijama i web servisima, značajan je doprinos čovečanstvu koji omogućava bolju komunikaciju sa prirodom i promptnu reakciju u kriznim situacijama.

**4. Kvalitet i količina podataka**

Uzimajući u obzir činjenicu da se veštačke neuronske mreže obučavaju na osnovu iskustva, odnosno obimnih setova podataka na osnovu kojih treba da izvuče obrasce zaključivanja i prediktuje određene zavisnosti analiziranih parametara, količina podataka koja je uključena u proces obučavanja od izuzetnog je značaja za postizanje što boljih predikcionih performansi. Pored kvantiteta podataka izuzetno je važan i njihov kvalitet. Podaci bez šuma, grešaka i velikih odstupanja u vrednostima omogučuju mreži da nauči preciznije obrasce. Podaci koji verno predstavljaju stvarni problem i obuhvataju sve relevantne varijable omogućavaju mreži da bolje generalizuje na stvarnim slučajevima. Skupovi podataka koji sadrže dovoljno primera za sve klase ili situacije sprečavaju pristrasnost modela. Dovoljna količina podataka omogućava podelu na trening, validaciju i test setove podataka, čime se osigurava da model može sa visokim procentom tačnosti da prediktuje željene izlaze na njoj do tada neviđenim podacima.

Optimalni rezultati se postižu kombinacijom visoko kvalitetnih i velikih količina podataka. Nedovoljna količina podataka visokog kvaliteta može ograničiti sposobnost modela da nauči korisne obrasce, dok velika količina nekvalitetnih podataka može zbuniti model i smanjiti njegovu tačnost **[20]**.

**5. Etički izazovi**

Modeli zasnovani na VI koristan su alat u procesima donošenja odluka kako bi se ublažile i blagovremeno

sprečile antropogene i prirodne katastrofe.

Usled rapidnog tehnološkog razvoja važno je osvrnuti se na etičke, političke i društvene probleme i

složenosti koje se nedovoljno razmatraju u razvoju veštačke inteligencije. U određivanju odgovornosti za

netačne predikcije zasnovane na modelima VI, možemo se zapitati: da li krivica leži na čoveku koji

nadzire VI ili na samoj mašini? Ili kako da pristupimo problemu tokom vanrednih situacija kada ključne

informacije o evakuaciji ostaju isključivo dostupne ljudima? Može li se desiti da rešenje više odjednog

etičkog izazova leži u zapošljavanju VI kao asistenta, umesto da se dozvoli da dominira procesom

donošenja odluka? Možemo li učiniti mašinu inteligentnom, ali ne i odgovornom ili razumnom? Kako

možemo osigurati da mašine ne prekorače granice ljudskih prava i etike? Možemo li zaštititi ljude od njih

samih? Sve su to pitanja koja treba sa velikom pažnjom razmotriti vodeći se činjenicom da modeli VI

nemaju razvijenu svest i čoveku treba da služe isključivo kao asistenti, a ne ključni donosioci odluka **[21]**.

Društvene nauke i humanistika često vide razvoj i upotrebu tehnologije kao izazov, a ne kao rešenje za

ekološke probleme. Rast digitalnih tehnologijaje snažno povezan sa ekonomskim rastom i predstavlja

privilegiju tehnološki naprednih zemalja. Ekološka humanistika nudi kritički pristup unutar šireg polja

društvenih nauka i humanistike, postavljajući mnoga pitanja o međusobnim odnosima između životne

sredine i ekonomskog i tehnološkog napretka. Kontradiktorno činjenici da su modeli VI moćan alat koji

pomaže očuvanju različitih prirodnih resursa i doprinosi postizanju boljeg statusa životne sredinejeste da

su za primenu modela VI neophodni značajni računarski resursi, čijaje upotreba neminovno izvor

zagađenja životne sredine i zahteva značajan utrošak električne energije. S tim u vezi postavlja se pitanje

– da lije stopa zagađenja izazvana primenom modela VI zanemarljiva u odnosu na benefite koje modeli

VI pružaju humanoj populaciji? Da lije zapravo svaki pokušaj čoveka da sebi olakša određeni segment

života ujedno i atak na životnu sredinu?

Primena modela veštačke inteligencije dostupnaje isključivo humanoj populaciji iako su u slučaju

prirodnih nepogoda ugrožene i životinjske vrste. Da lije etički opravdano da su benefiti implementacije

VI usmereni isključivo na one kojimaje informacija dostupna, izostavljajući druga živa bića? Sva

odgovornost leži na čoveku, a aktuelno stanje životne sredine uslovljeno antropogenim delovanjem

čoveka nedvosmisleno determiniše kao ekološki neodgovornog.

Mnoga su etička pitanjajoš uvek otvorena, odgovori na njih nedorečeni ili etički neopravdani. Svakako,

izvodi se zaključak daje čovekjedina vrsta koja resurse sopstvenog ijedinog staništa, planete Zemlje,

eksploatiše ne mareći za dugoročne negativne posledice po samu ljudsku vrstu **[22]**.

**6.** **Zaključak**

Uzimajući u obzir performanse i princip funkcionisanja modela baziranih na veštačkoj inteligenciji, u

ekologiji i inženjerstvu zaštite životne sredine, ovi modeli pokazali su se kao moćan alat, dobro usklađen

sa potrebama i ciljevima društva. Alati zasnovani na VI su ključni u procesima brzog donošenja odluka i

procesima praćenja kao što su sistemi za prognozu poplava i predikcije vezane za kvalitet vode, vazduha

ili zemljišta. Tehnike kompjuterskog vida omogućavaju upotrebu satelitskih snimaka za analizu, štoje,

pored sistema za prognozu poplava, posebno važno za praćenje opasnih ili bolesnih životinja u

nepristupačnim oblastima. VI takođe omogućava analizu obrazaca potrošnje, pružajući preporuke za

uštedu energije. Mogućnost monitoringa u realnom vremenu jedna je od ključnih prednosti primene

modela VI, stogaje implementacija mernih stanica opremljenih senzorima od najveće važnosti za

obezbeđivanje skupova podataka. IoT ( engl. Internet ofthings) sistemi putem mreža i senzora povezuju

računare i servere čime je omogućena obrada podataka u realnom vremenu **[23]**.

Pored brojnih prednosti koje primena veštačke inteligencije pruža, rešavanje etičkih pitanja ijasno

definisana ograničenja u primeni modela zasnovanih na VI predstavljaju imperativ koji zahteva hitno

regulisanje. Jasno definisana pravila u implementaciji modela zasnovanih na VI omogućavaju bezbedniju

primenu istih, te time i sprečavanje njihove zloupotrebe.

Unapređenje i modernizacija društva doprinosi osavremenjavanju i napredovanju čovečanstva, no ne sme

da bude uzrok dehumanizacije. Veštačka inteligencija čoveku treba da bude sluga, nikako gospodar,

tretirana isključivo kao alat koji može pružiti brojne benefite, ne ugrožavajući bezbednost i

privatnost.

Na čoveku, kao tvorcu svih teholoških dostignuća, ostaje i sva odgovornost i rizici koje

inovacije sa sobom nose.

**6. Reference**

[1] Yegnanarayana, B. (2009). *Artificial neural networks*. PHI Learning Pvt. Ltd.

[2] Zou, J., Han, Y., & So, S. S. (2009). Overview of artificial neural networks. *Artificial neural networks: methods and applications*, 14-22.

[3] Al-Shakarchy, N. D., & Abd, E. H. (2012). Application of neural network for solving linear algebraic equations. *Journal of Kerbala University*, *10*(4).3

[4] Ali, P. J. M., Faraj, R. H., Koya, E., Ali, P. J. M., & Faraj, R. H. (2014). Data normalization and standardization: a technical report. *Mach Learn Tech Rep*, *1*(1), 1-6.

[5] Kadhim, Z. S., Abdullah, H. S., & Ghathwan, K. I. (2022). Artificial Neural Network Hyperparameters Optimization: A Survey. *International Journal of Online & Biomedical Engineering*, *18*(15).

[6]Rasamoelina, A. D., Adjailia, F., & Sinčák, P. (2020, January). A review of activation function for artificial neural network. In *2020 IEEE 18th World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI)* (pp. 281-286). IEEE.

[7] Bottou, L. (1991). Stochastic gradient learning in neural networks. *Proceedings of Neuro-Nımes*, *91*(8), 12.

[8] Kurita, T. (2019). Principal component analysis (PCA). *Computer Vision: A Reference Guide*, 1-4.

[9] Wall, M. E., Rechtsteiner, A., & Rocha, L. M. (2003). Singular value decomposition and principal component analysis. In *A practical approach to microarray data analysis* (pp. 91-109). Boston, MA: Springer US.

[10] Berry, M. W., Mohamed, A., & Yap, B. W. (Eds.). (2019). *Supervised and unsupervised learning for data science*. Springer Nature.

[11] Abroyan, N. (2017, August). Convolutional and recurrent neural networks for real-time data classification. In *2017 Seventh International Conference on Innovative Computing Technology (INTECH)* (pp. 42-45). IEEE.

[12] Rowley, A., & Karakuş, O. (2023). Predicting air quality via multimodal AI and satellite imagery. *Remote Sensing of Environment*, *293*, 113609.

[13] Vozenilek, V. (2009, November). Artificial intelligence and GIS: mutual meeting and passing. In *2009 International conference on intelligent networking and collaborative systems* (pp. 279-284). IEEE.

[14] Moustra, M., Avraamides, M., & Christodoulou, C. (2011). Artificial neural networks for earthquake prediction using time series magnitude data or seismic electric signals. *Expert systems with applications*, *38*(12), 15032-15039.

[15] Krtolica, I., Cvijanović, D., Obradović, Đ., Novković, M., Milošević, D., Savić, D., ... & Radulović, S. (2021). Water quality and macrophytes in the Danube River: Artificial neural network modelling. *Ecological Indicators*, *121*, 107076.

[16] Kumar, D., & Jakhar, S. D. (2022). Artificial intelligence in animal surveillance and conservation. *Impact of artificial intelligence on organizational transformation*, 73-85.

[17] Anderson, H. R. (2009). Air pollution and mortality: A history. *Atmospheric Environment*, *43*(1), 142-152.

[18] Dodig, A., & Djapic, V. (2024). Digital Solution to Estimate Solar Power Potential of Rooftops in City of Belgrade. In *Conference on Information Technology and its Applications* (pp. 362-374). Springer, Cham.

[19] <https://www.savacommission.org/sistem-za-prognozu-i-upozorenje-na-poplave/2857>

[20] Jain, A., Patel, H., Nagalapatti, L., Gupta, N., Mehta, S., Guttula, S., ... & Munigala, V. (2020, August). Overview and importance of data quality for machine learning tasks. In *Proceedings of the 26th ACM SIGKDD international conference on knowledge discovery & data mining* (pp. 3561-3562).

[21] Mukhopadhyay, S. C., Tyagi, S. K. S., Suryadevara, N. K., Piuri, V., Scotti, F., & Zeadally, S. (2021). Artificial intelligence-based sensors for next generation IoT applications: A review. *IEEE Sensors Journal*, *21*(22), 24920-24932.

[22] Etzioni, A., & Etzioni, O. (2017). Incorporating ethics into artificial intelligence. *The Journal of Ethics*, *21*, 403-418.

[23] Huang, C., Zhang, Z., Mao, B., & Yao, X. (2022). An overview of artificial intelligence ethics. *IEEE Transactions on Artificial Intelligence*, *4*(4), 799-819.

[24] <https://www.youtube.com/watch?v=6PBEO-eeUMw>