

MONITORING VODA I ZAŠTITA U RATNIM DEJSTVIMA, UZ KORIŠĆENJE VEŠTAČKE INTELIGENCIJE

Akademik red. prof. dr Rade Biočanin, pukovnik ABHO
ORCID [0009-0005-2312-6049](https://orcid.org/0009-0005-2312-6049) , Centar za strateška istraživanja nacionalne
bezbednosti Beograd

Prof.dr Duško Vejnović, redovni profesor Univerziteta u Banjoj Luci i predsjednik
Evropskog defendologija centra Banja Luka

<https://orcid.org/0000-0002-7504-2796>

Rezime: *U uslovima ratnih dejstava, tradicionalne metode laboratorijske analize vode često su prespore ili neizvodljive zbog uništene infrastrukture i opasnosti na ugroženom terenu usled ratnih dejstava. Veštačka inteligencija (AI) ovde postaje ključna, jer omogućava donošenje odluka u realnom vremenu. Savremena ratna dejstva ostavljaju duboke i često ireverzibilne ožiljke na ekosisteme, a voda, kao najvitalniji resurs, trpi najdirektnije posledice. Bobena dejstva ostavljaju duboke i dugotrajne ožiljke na ekosisteme, a voda kao jedan od najvitalnijih resursa često postaje i „oružje i žrtva“ sukoba. Primena veštačke inteligencije (AI) u ratnim uslovima omogućava prelazak sa pasivnog posmatranja na proaktivno upravljanje i brzu sanaciju zagađenja voda. Zbog sve češće pojave velikih voda, poplava, prirodnih katastrofa izazvanih vodom, porasta populacije, širenja industrije i korišćenja voda za potrebe poljoprivredne i prehrambene industrije, razvila se potreba za nekom vrstom sistematizacije i uređenja svih vodnih resursa u svrhu korišćenja voda, zaštite voda i zaštite od voda . Cilj rada je doprinos studijama koje validiraju odnose između klimatskih promena i migracija i poboljšavaju razumevanje kako i pod kojim okolnostima prirodni hazardi utiču na prostorno kretanje stanovništva. Klimatske promene mogu uticati na migraciju; međutim, njihov efekat zavisi od načina merenja migracija, snage i posledica prirodne nepogode i konteksta u kome se migracije odvijaju. Modeli za simulaciju i optimizaciju vodoprivrednih sistema predstavljaju neophodne alate pri analizi složenih nedeterminističkih sistema. Višenamenski vodoprivredni sistemi kao i analiza dinamičke alokacije vode na korisnike u višegodišnjem periodu uglavnom je izuzetno komplikovana tako da se uspešno planiranje, posebno faza analize većeg broja alternativnih rešenja i izbor najpovoljnijeg rešenja u uslovima ograničenih vodnih resursa ne može izvršiti bez primene metoda systemske analize i korišćenja računara. Najsloženiji alati su sistemi za podršku odlučivanju (Decision Support Systems-DSS) koji modeliraju interakciju između različitih načina alokacija vode, poljoprivredne produktivnosti i degradacije resursa u cilju ocene socijalne i ekonomske dobiti od bolje alokacije vode i povećane efikasnosti njenog korišćenja. Ovim smo pogodili samu srž modernog upravljanja vodnim resursima. U ovom radu, DSS predstavljaju "mozak" operacije, dok je veštačka inteligencija "motor" koji te sisteme čini sposobnim da obrađuju haotične podatke iz ratnih zona, u uslovima visokotoksične kontaminacije.*

Ključne reči: vode, ratna dejstva, kontaminacija, krizne situacije, migracije, klimatske promene, monitoring, eko-zaštita, alokacija, DSS sistem, eko-bezbednost, odlučivanje veštačka inteligencija, ABH odbrana, RH kontrola, hibridne pretnje, ATP-45, operativna efikasnost, borbena gotovost.

WATER MONITORING AND PROTECTION IN COMBAT OPERATIONS THROUGH ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Abstract: *In the conditions of war, traditional methods of laboratory water analysis are often too slow or impractical due to the destroyed infrastructure and the danger in the threatened terrain due to the war. Modern warfare leaves deep and often irreversible scars on ecosystems, and water, as the most vital resource, suffers the most direct consequences. Combat actions leave deep and long-lasting scars on ecosystems, and water, as one of the most vital resources, often becomes both a "weapon and a victim" of conflict. The application of artificial intelligence (AI) in wartime conditions enables the transition from passive observation to proactive management and rapid remediation of water pollution. Because of the often occurrence of large water, flood, natural disasters caused by water, the increase in population, expansion of industry and the use of water for the needs of agricultural and food industry, the need for some kind of management and development of water resources for the purpose of water use, water protection and protection of water has been developed. Simulation and optimization models for complex water resources systems are becoming essential tools in analysis of such undetermined systems. Multipurpose hydraulic systems, as well as analysis of the dynamic allocation of water to users in the long period is usually very complicated so that planning, in particular the phase analysis of a number of alternative solutions and choosing the best solutions in conditions of limited water resources, can not be made without the application of methods of system analysis and computer use. The aim of this paper is to contribute to studies that validate the relationships between climate change and migration, and to improve the understanding of how and under what circumstances natural hazards influence the spatial movement of populations. Climate change can affect migration; however, its impact depends on how migration is measured, the strength and speed of the natural disaster, and the context in which the migration occurs. The most complex tools are decision support systems (Decision Support Systems DSS), which model interaction between different ways of water allocation, agricultural productivity and resource degradation in order to evaluate, the social and economic profit by a better allocation of water and increased the efficiency of its use. With this, we hit the very core of modern water resource management. In this paper, DSS represent the "brain" of the operation, while artificial intelligence is the "engine" that makes these systems capable of processing chaotic data from war zones, in conditions of highly toxic contamination.*

Key words: *waters, war operations, contamination, crisis situations, migration, climate change, monitoring, eco-protection, allocation, DSS system, eco-security, artificial intelligence decision-making, ABH defense, RH control, hybrid threats, ATP-45, operational efficiency, combat readiness*

Uvod

Klimatske promene i sa njima povezane prirodne nepogode i ratna dejstva su uslovile nastanak čitavog spektra adaptivnih strategija kojima stanovništvo pribegava kada je izloženo riziku. Na uticaj klimatskih promena najsenzitivniji je

sektor poljoprivrede i aktivnosti posvećene upravljanju i očuvanju biodiverziteta, a ništa manje nisu ugroženi vodoprivreda, građevinarstvo, saobraćaj, sektor osiguranja, proizvodnja energije, zdravstveni sektor, šumarstvo, turizam i dr. grane privrede.

U ratnim dejstvima, uz upotrebu razornog i opasnog oružja dolazi do masovne kontaminacije životne sredine, a samom tim i vodnih tokova. Masovna kontaminacija vodnih tokova tokom ratnih dejstava uz upotrebu razornog i opasnog oružja (poput konvencionalnog visokorazornog, hemijskog, biološkog ili radiološkog oružja) ima specifične, dugotrajne i katastrofalne karakteristike:

1) Multidimenzionalni hemijski sastav zagađenja

- Teški metali i toksini: Eksplozije i razaranja municije oslobađaju u vodu velike količine olova, žive, kadmijuma, bakra i osiromašenog urana;
- Surogati i sagorevanje: Ostaci eksploziva (poput TNT-a i RDX-a), raketnog goriva i zapaljivih materija (napalm, beli fosfor) direktno prodiru u rečne tokove i podzemne izdane;
- Naftni derivati: Uništavanje skladišta nafte, rafinerija i vojnih vozila uzrokuje izlivanje tona mazuta i nafte koji formiraju neprobojne filmove na površini vode.

2) Visoka perzistentnost (Dugotrajnost) i akumulacija

- Zadržavanje u sedimentu: Opasne materije se brzo talože na dnu vodotokova (rečno dno, jezerski sediment). Kontaminirani sediment decenijama nakon završetka sukoba može sekundarno da zagađuje vodu.
- Bioakumulacija: Toksini kroz lanac ishrane prelaze iz vode u mikroorganizme, zatim u riblji fond, i na kraju u organizam ljudi koji koriste tu vodu.

3) Sinergija fizičkih i mikrobioloških promena

- Ekstremna mutnoća (Turbiditet): Mehanička razaranja, rušenje mostova, brana i bombardovanje obala uzrokuju klizišta i ulazak ogromnih količina građevinskog šuta u vodu.
- Biološki i epidemiološki rizik: Uništavanje komunalne infrastrukture i prečistača otpadnih voda dovodi do mešanja kanalizacije sa pijaćom vodom. Prisustvo raspadnutih organskih materija podstiče masovnu pojavu patogena (bakterije, virusi, kolera).

4) Širok geografski domet (Prekogranični efekat)

- Mobilnost zagađenja: Za razliku od kontaminacije zemljišta koja je lokalizovana, rečni tokovi brzo prenose otrovne materije stotinama kilometara nizvodno.
- Ugrožavanje podzemnih voda: Hemikalije sa površine prodiru u dublje slojeve, trajno zagađujući strateške rezervoare podzemnih voda koje je skoro nemoguće očistiti.

5) Namerna vs. Kolateralna kontaminacija.

Dakle, voda kao oružje?

Pored kolateralne štete usled eksplozija, karakteristika modernih sukoba je i namerna sabotaža hidro-sistema (rušenje brana, trovanje izvorišta radi slabljenja neprijatelja i civilnog stanovništva)

Upravo zbog ovih karakteristika (skrivenost u sedimentu, brzina širenja i toksičnost), veštačka inteligencija (AI) se uvodi u monitoring kako bi kroz prediktivne modele i mreže autonomnih senzora locirala zagađenje u realnom vremenu i predvidela njegovo kretanje nizvodno.

eko-bezbednost vodnih resursa tokom aktivnih borbenih dejstava ne može se posmatrati izolovano kroz samo jedan izvor informacija. Savremeni sistemi odbrane zahtevaju fuziju podataka iz fizičkog, informacionog i socijalnog domena, gde veštačka inteligencija služi kao ključni vezivni element. Na jednoj slici ilustrovan je višeslojni model procene situacije u virtuelnom (sajber) prostoru, koji objašnjava kako AI algoritmi povezuju podatke sa senzora, satelita i mreža radi donošenja pravovremenih odluka u zaštiti kritične vodne infrastrukture.”

1. Uvođenje AI u monitoring zagađene vode

Uvođenje veštačke inteligencije (AI) u monitoring voda tokom ratnih dejstava ključno je jer ljudski faktori (uzorkovanje na terenu) postaju nemogući zbog bezbednosnih rizika.

Evo kako konkretni AI algoritmi i tehnologije prepoznaju i rešavaju prethodno navedene karakteristike zagađenja:

1) Rano otvaranje i identifikacija hemijskih toksina

- Pametni IoT senzori: Autonomne stanice u vodi konstantno mere parametre kao što su pH vrednost, elektroprovodljivost i teški metali.

- Algoritmi anomalija (Anomaly Detection): AI (poput *Isolation Forest* ili *Autoencoders* modela) uči uobičajene fluktuacije reke. Kada detektuje nagli, neprirodni skok teških metala ili eksplozivnih materija (TNT, RDX), odmah alarmira sistem, čak i pre nego što zagađenje postane vidljivo golim okom.

2) Praćenje naftnih mrlja i ruševina preko satelita

- Kompjuterski vid (Computer Vision): AI analizira satelitske snimke visoke rezolucije i radarske podatke (SAR).

- Segmentacija slika: Modeli dubokog učenja (npr. *U-Net* ili *YOLO* arhitekture) automatski prepoznaju i mapiraju tačne granice naftnih mrlja na površini vode ili lociraju srušene mostove i brane koji mute vodu, prateći njihovo širenje u realnom vremenu.

3) Predviđanje kretanja zagađenja nizvodno

- Prediktivni modeli (Predictive Modeling): Kombinuju se neuronske mreže (poput *LSTM* - dugotrajna kratkotrajna memorija) sa hidrodinamičkim modelima reka.

- Simulacija širenja: AI analizira brzinu toka reke, vremensku prognozu i reljef kako bi precizno predvideo gde će se otrovni talas nalaziti za 12, 24 ili 48 sati. Ovo omogućava gradovima nizvodno da na vreme zatvore fabrike vode i izvorišta.

4) Detekcija bioloških pretnji i epidemija

- Predikcija širenja patogena: Kada ratna razaranja unište kanalizaciju, AI modeli analiziraju temperaturu vode, stajaće talase i organsko zasićenje.

- Modeli rane uzbune: Na osnovu ovih podataka, AI predviđa rizik od cvetanja toksičnih algi ili razvoja bakterija (poput kolere), sugerišući gde je rizik po civilno stanovništvo najveći.

5) Fuzija podataka (Data Fusion) za donošenje odluka

- Objedinjavanje izvora: AI platforme u sekundi spajaju podatke sa senzora iz vode, satelitskih snimaka, meteoroloških stanica i izveštaja sa društvenih mreža ili dronova o vojnim udarima.

- Pametna trijaža: Sistem procenjuje da li je zagađenje kolateralna šteta ili namerna sabotaža i predlaže najefikasnije korake za neutralizaciju (npr. aktiviranje plutajućih brana za naftu).

Opstanak čoveka neposredno je uslovljen očuvanjem prirodnih resursa Planete, čija je osnova ukupna biološka raznovrsnost njenog živog sveta. Stoga je u savremenim strategijama razvoja uvršten i koncept zaštite i očuvanja biodiverziteta, odnosno planiranje privrednog i opšte-društvenog razvoja, uz racionalno korišćenje resursa i očuvanje prirode i životne sredine.

U ratnim uslovima, gde se primenjuje raznoliko i opasno oružje, tradicionalne metode laboratorijsko-dozimetrijske analize vode su prespore ili neizvodljive zbog uništene infrastrukture i opasnosti na terenu. Veštačka inteligencija (AI) ovde postaje ključna jer omogućava donošenje odluka u realnom vremenu.

U pravu smo – u kriznim situacijama vreme je bukvalno život. Kada standardne laboratorije postanu nedostupne, AI menja pravila igre na nekoliko ključnih načina:

- Brza klasifikacija rizika: umesto čekanja na hemijske reagense, AI može analizirati podatke sa portabl optičkih senzora (poput spektrometara) i trenutno prepoznati "potpis" specifičnih toksina ili radionuklida;

- Prediktivno modeliranje: na osnovu kretanja podzemnih voda, padavina i topografije, AI može predvideti širenje kontaminacije pre nego što ona uopšte stigne do izvorišta koje vojska ili civili koriste;

- Autonomni nadzor: dronovi opremljeni sensorima i AI algoritmima mogu mapirati "mrtve zone" bez izlaganja ljudi opasnosti, kreirajući digitalnu mapu bezbednih izvora vode u realnom vremenu;

- Smanjenje lažnih uzbuna: algoritmi mašinskog učenja bolje razlikuju prirodne varijacije u sastavu vode (npr. zamućenost nakon kiše) od namernog hemijskog ili radiološkog zagađenja.

Ukratko, AI pretvara pasivno merenje u aktivnu odbranu. Evo kako se AI konkretno primenjuje znanje:

1) Senzorske mreže i IoT (Internet stvari)

Umesto slanja uzoraka u laboratoriju, u vodovodne sisteme ili reke postavljaju se pametni senzori. AI analizira podatke o parametrima kao što su pH vrednost, mutnoća, provodljivost i prisustvo hlora.

- Detekcija anomalija: AI prepoznaje nagle promene koje mogu ukazivati na hemijsko zagađenje ili namerno trovanje, alarmirajući nadležne momentalno.

2) Satelitsko osmatranje i daljinska detekcija

Kada su izvori vode na neprijateljskoj teritoriji ili u zoni direktnih borbi, AI analizira multispektralne satelitske snimke.

- Prepoznavanje zagađenja: Algoritmi mogu detektovati izlivanje nafte, prisustvo teških metala ili cvetanje algi na osnovu promene boje i refleksije vodene površine.

3) Prediktivno modeliranje širenja zagađenja

U slučaju uništenja brana, industrijskih postrojenja ili kanalizacionih sistema, AI simulira kretanje zagađujućih materija nizvodno.

- Procena rizika: Modeli predviđaju kada će zagađenje stići do naseljenih mesta, omogućavajući pravovremenu evakuaciju ili zatvaranje zahvata vode.

4) Mobilne aplikacije i "Crowdsourcing"

Na terenima gde nema senzora, AI može analizirati fotografije vode koje naprave pripadnici Vojske, Policije i Civilne zaštite putem pametnih telefona, procenjujući stepen zamućenosti ili prisustvo opasnih materija pomoću kompjuterskog vida.

Glavne prednosti primene AI u ratu:

- Brzina: analiza traje milisekundama umesto danima;
- Bezbednost: smanjuje potrebu za kretanjem ljudstva u opasnim zonama;
- Otpornost: Decentralizovani sistemi sa AI mogu nastaviti da rade čak i ako je centralna laboratorija uništena.

Hemijska kontaminacija teškim metalima i toksinima:

- Upotreba savremene municije i projektila oslobađa olovo, živu, osiromašeni uran i ostatke eksploziva (poput TNT-a i RDX-a) koji prodiru u podzemne vode.
- Uništavanje industrijskih postrojenja dovodi do izlivanja kiselina, rastvarača i naftnih derivata direktno u rečne tokove, stvarajući "mrtve zone" u kojima je život otežan ili nemoguć za duže vreme.

Uništavanje infrastrukture za prečišćavanje:

- Sistemsko uništavanje postrojenja za preradu otpadnih voda i vodovodne mreže uzrokuje mešanje fekalnih i tehničkih voda sa pijaćom vodom. Ovo direktno vodi ka epidemijama i gubitku osnovnog ljudskog prava na čistu vodu¹.

Akumulacija mikroplastike i ostataka AI tehnologije:

- Uništavanje modernih vojnih sistema, dronova i elektronske opreme (punih litijumskih baterija i poluprovodnika) ostavlja za sobom specifičan elektronski otpad koji se decenijama ispira u vodonosne slojeve.

Evo ključnih načina na koje ovi sistemi funkcionišu na terenu:

1) Multispektralno i hiperspektralno snimanje

- Gledanje nevidljivog: AI kamere ne koriste samo običan vizuelni spektar (RGB). One snimaju teren u infracrvenom i drugim spektralnim opsezima.
- Detekcija hemikalija: Svaka materija (nafta, eksploziv, toksični otpad) reflektuje svetlost na specifičan način (tzv. "spektralni potpis"). AI algoritam trenutno prepoznaje te potpise i mapira zagađenje u vodi koje je ljudskom oku potpuno nevidljivo.

2) Autonomno patroliranje i izbegavanje prepreka

- Let bez GPS-a: U ratnim zonama GPS signal je često ometan (*jamming*). AI koristi tehnologiju SLAM (Simultano lociranje i mapiranje) [3].
- Kompjuterski vid: Pomoću običnih i LiDAR kamera, AI u milisekundi skenira prostor ispred sebe, prepoznaje drveće, dalekovode ili vojnu opremu, i samostalno menja rutu kako bi izbegao sudar.

3) Detekcija objekata u realnom vremenu (YOLO algoritmi)

- Prepoznavanje anomalija: Dok leti iznad rečnog korita, AI model (najčešće YOLO - *You Only Look Once* arhitektura) skenira teren i u sekundi uokviruje i identifikuje objekte.

- Primeri sa terena: Sistem automatski prepoznaje i markira:

¹ Fekalne otpadne vode su sanitarno-kanalizacione vode koje sadrže humane ili životinjske ekskretamente, nastale u toaletima, kuhinjama i domaćinstvima. One zahtevaju tretman pre ispuštanja u životnu sredinu zbog visokog sadržaja organskih materija, dok se u našem regionui, prema podacima iz 2025, prerađuje do 15% otpadnih voda.

- o burad sa sumnjivim hemikalijama bačena u vodu.
- o tačke izlivanja otpadnih voda iz uništenih fabrika.
- o krater od granate blizu izvorišta pijaće vode.

4) Termovizijska analiza noću

- Praćenje temperature: Termalne AI kamere detektuju temperaturne razlike u vodi.

- Skriveni tokovi: Ako topla tehnološka voda iz oštećenog industrijskog kompleksa tajno ističe u hladnu reku tokom noći, AI će to registrovati kao svetlu mrlju i odmah podići uzbunu.

5) Pametno uzorkovanje vode

- Dronovi amfibije: Napredniji sistemi kombinuju letelice sa hidro-dronovima. Kada AI kamera sa visine uoči sumnjivu promenu boje ili teksture vode, ona šalje koordinatni signal dronu na vodi.

- Fizički uzorak: Vodeni dron odlazi tačno na tu tačku, spušta sondu, uzima uzorak i vrši brzu hemijsku analizu na licu mesta.

Dronovi sa AI kamerama pretražuju teren kroz sistem autonomnog letenja i obrade vizuelnih podataka u realnom vremenu (tzv. obrada na ivici ili *Edge AI*). To znači da dron ne mora da šalje video-snimak bazi da bi se izvršila analiza, već sam računar na dronu odmah prepoznaje opasnost.

2. Ekološke ibeglice i pritisak na resurse

Ratna dejstva kombinovana sa masovnim zagađenjem vode i uništavanjem životne sredine direktno dovode do pojave ekoloških izbeglica (ekorifudžija). Kada pijaća voda postane zatrovana ili nedostupna, stanovništvo je prisiljeno na masovne migracije, što stvara ogroman pritisak na resurse u bezbednim zonama.

Ekološke izbeglice i pritisak na resurse:

- o Masovne migracije izazvane ratom stvaraju ogroman pritisak na vodne resurse u "bezbednim" zonama, često dovodeći do iscrpljivanja izvora i degradacije kvaliteta vode usled neadekvatne sanitacije.

Rešenja u okviru "Civilizacije blagostanja":

1) Voda kao univerzalno javno dobro: Prof. Biočanin naglašava da se voda mora tretirati kao strateški prioritet koji se ne sme napadati;

2) Preventivni monitoring: Korišćenje AI senzora za stalno praćenje hemijskog sastava vode kako bi se svaka kontaminacija detektovala u sekundi;

3) Prekogranična saradnja: Vode spajaju narode; njihova zaštita u ratu zahteva univerzalnu jednakost i zajedničku odgovornost svih država, bez obzira na njihovu moć.

Ovo je vizija „civilizacije blagostanja“ koju autori često pominju kao alternativu globalnom haosu. Situacija koju kreiramo (zelena, pravedna i kružna) deterministički nas vodi ka svetu u kojem su zdravlje i mir standard, a ne srećna okolnost.

Evo kako se ovaj fenomen manifestuje i kako veštačka inteligencija (AI) pomaže u upravljanju ovom krizom:

1) Uzroci nastanka ekoloških izbeglica u ratu

- Gubitak primarnog resursa: Uništenje izvorišta ili dugotrajna kontaminacija rečnih tokova teškim metalima i toksinima čini život na nekom prostoru fizički nemogućim.

- Kolaps poljoprivrede: Kada se zatrovana voda koristi za navodnjavanje, dolazi do kontaminacije zemljišta. To trajno uništava izvore hrane i tera ruralno stanovništvo na beg.

- Zdravstvene krize: Pojava epidemija usled mešanja kanalizacije i pijaće vode (npr. kolera) izaziva paniku i masovni egzodus stanovništva iz ugroženih gradova.

2) Pritisak na resurse u prihvatnim zonama

- Preopterećenje vodovodne mreže: Nagli priliv desetina hiljada ljudi u bezbedne gradove ili izbegličke kampove momentalno iscrpljuje lokalne izvore pijaće vode.

- Sanitarni pritisak: Nemogućnost brze izgradnje infrastrukture za otpadne vode u kampovima stvara rizik od sekundarnog zagađenja preostalih čistih vodotokova.

- Konflikti oko resursa: Ograničeni resursi (voda, hrana, obradivo zemljište) često izazivaju tenzije i sukobe između lokalnog stanovništva i pridošlih izbeglica.

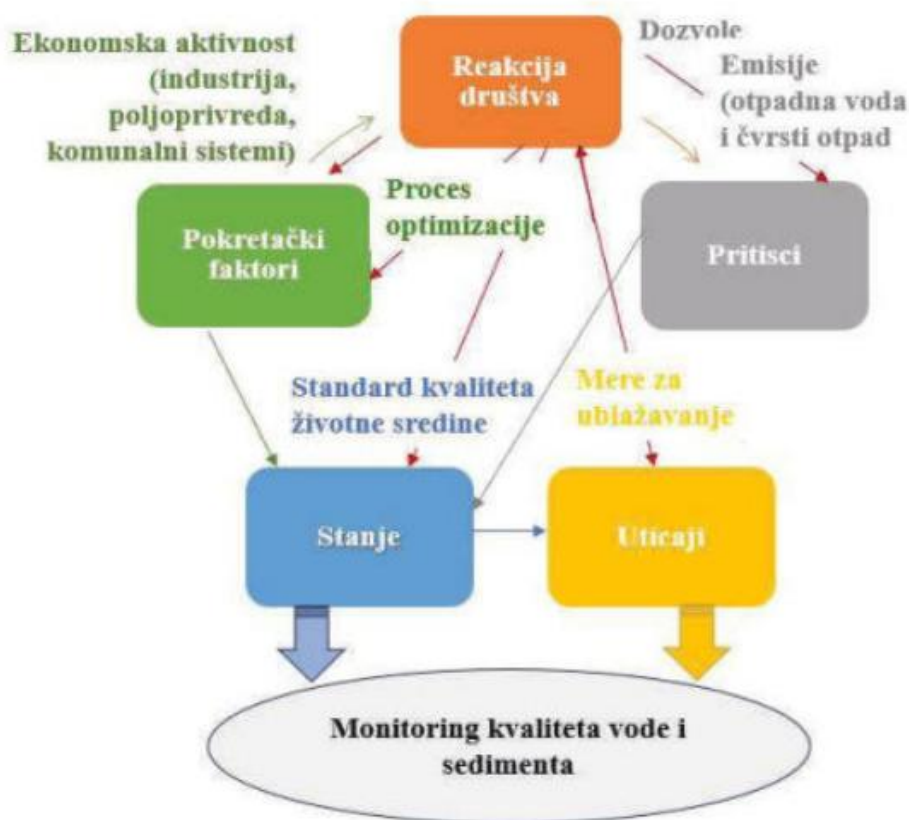
3) Kako AI pomaže u upravljanju pritiskom na resurse?

- Predikcija migracijskih tokova: AI algoritmi analiziraju podatke o stepenu zagađenja vode na frontu i kombinuju ih sa demografskim podacima. Na osnovu toga predviđaju koliko izbeglica će napustiti zonu i u kom pravcu će se kretati.

- Pametna alokacija resursa: AI sistemi u prihvatnim centrima u realnom vremenu proračunavaju potrošnju vode i optimizuju rad mobilnih sistema za prečišćavanje (desalinizacija i filtracija) kako bi se sprečile nestašice.

- Rano otkrivanje sanitarnih rizika u kampovima: Pomoću ranije pomenutih pametnih senzora i AI modela, konstantno se prati kvalitet vode oko izbegličkih kampova kako preopterećena sanitarna mreža ne bi ugrozila lokalne podzemne vode.

Zakon o vodama pojmovno de standard kvaliteta životne sredine kao koncentraciju pojedinačne zagađujuće supstance ili grupe zagađujućih supstanci u vodi, sedimentu ili bioti, koja ne može da bude prekoračena u cilju zaštite ljudskog zdravlja, kvaliteta života i životne sredine uopšte.



Slika 1. Uzročno – posledični odnosi u monitoring u rečnog sliva

Rezultati analiza kvaliteta sedimenta i vode u rekama našeg regiona prekograničnih profila sliva Dunava i diskusija, prezentovano u ovom radu, ukazuje na svu specifičnost problema u vezi upravljanja sedimentom i upućuje na sledeće preporuke koje imaju integralno polazište problemu:

1. Postojeća regulativa koja uređuje oblast deponija i otpada se mora proširiti uzimajući u obzir specifična svojstva materijala bagerovanog sa rečnog dna. Ovaj materijal tretirati kao „mulj od jaruženja“ koji može sadržati opasne materije;

2. Razmisliti nastojanje za korisnom upotrebom sedimenta sa ili bez prethodnog tretmana, tako da se razmotri standard kvaliteta životne sredine za tretirane sediment;

3. Plan upravljanja slivom, za delove slivnog područja za koja su urađene prethodne studije, dopuniti Planom upravljanja sedimentom.

3. Voda-instrument savremenog ratovanja

U savremenim ratnim dejstvima, voda prestaje da bude samo prirodni resurs i postaje instrument ratovanja ili kolateralna žrtva tehnološkog uništenja.

Kvalitet voda obuhvata fizičke, hemijske i biološke karakteristike vode, procenjene prema standardima za njenu namenu (piće, pripremu hrane, ekosistemi, poljoprivreda, industrija). Standardi, kao što su WHO smernice, osiguravaju eko-bezbednost, dok Agencija za zaštitu životne sredine (SEPA) prati

površinske i podzemne vode. Kvalitet voda predstavlja najkritičniju tačku ekobezbednosti jedne države ili regiona. Zagađenje/kontaminacija vodenih resursa tokom savremenih ratova ne poznaje granice i ima deterministički uticaj na zdravlje i kvalitet života, posebno na mlade generacija koje dolaze. U savremenim ratnim dejstvima, voda prestaje da bude samo prirodni resurs i postaje instrument ratovanja ili kolateralna žrtva tehnološkog uništenja.

U ovom koautorskom radu obrađene su osnovne fizičko-hemijske karakteristike vode, dat je pregled osnovnih veličina za definisanje sastava vodenih rastvora i osnovnih tipova reakcija u vodi. Donekle, definisane su hemijske ravnoteže u vodi: ravnoteže u rastvorima kiselina i baza, ravnoteže u redoks sistemima, heterogene ravnoteže, kao i termodinamičke i kinetičke osnove hemijskih reakcija u vodi. Svako poglavlje prati odabrana grupa računskih zadataka kojima se produbljuje i proverava znanje o kvalitetu voda.

Tabela 1. Ključni elementi zelene ekonomije

ASPEKTI ZELENE EKONOMIJE	OBJAŠNJENJE
Proizvodnja i upotreba obnovljive energije	Odnosi se na bilo koji izvor upotrebljive i obnovljive energije namenjen zameni izvora fosilnih goriva bez neželjenih posledica emisije gasova sa efektom staklene bašte i drugih zagađivača nastalih sagorevanjem fosilnih goriva.
Energetska efikasnost	Nastoji da usvoji sredstva i efikasniju tehnologiju koja koristi manje energije za pružanje istog nivoa energetske usluge.
Minimizacija i upravljanje otpadom	Razmatra različite pristupe od sprečavanja, minimiziranja, smanjenja, ponovne upotrebe, recikliranja, konverzije i odlaganja otpada kako bi se osiguralo da upotreba materijala i stvaranje otpada ostane u okviru regenerativnih i apsorpcionih kapaciteta planete.
Zaštita i održivo korišćenje raspoloživih prirodnih resursa	Prepoznaje značaj i ekonomsku vrednost prirodnih resursa, kao što su slatke vode, šume, tla, koralni grebeni i usluge ekosistema koje pružaju funkcionalne i zdrave ekosisteme.
Kreiranje i generisanje zelenih poslova	Promoviše pristojne poslove koji nude odgovarajuće plate, sigurne uslove rada, sigurnost posla, razumnu karijernu perspektivu i prava radnika.

Ključne ekološke posledice po kvalitet voda:

- 1) Hemijska kontaminacija teškim metalima i toksinima:
 - Upotreba savremene municije i projektila oslobađa olovo, živu, osiromašeni uranijum i ostatke eksploziva (poput TNT-a i RDX-a) koji prodiru u podzemne vode.
 - Uništavanje industrijskih postrojenja dovodi do izlivanja kiselina, rastvarača i naftnih derivata direktno u rečne tokove, stvarajući "mrtve zone" u kojima je život nemoguć.
- 2) Uništavanje infrastrukture za prečišćavanje:

- Sistemsko uništavanje postrojenja za preradu otpadnih voda i vodovodne mreže uzrokuje mešanje fekalnih i tehničkih voda sa pijaćom vodom. Ovo direktno vodi ka epidemijama i gubitku osnovnog ljudskog prava na čistu vodu.

3) Akumulacija mikroplastike i ostataka AI tehnologije:

- Uništavanje modernih vojnih sistema, dronova i elektronske opreme (punih litijumskih baterija i poluprovodnika) ostavlja za sobom specifičan elektronski otpad koji se decenijama ispira u vodonosne slojeve.

4) Ekološke izbeglice i pritisak na resurse:

- Masovne migracije izazvane ratom stvaraju ogroman pritisak na vodne resurse u "bezbednim" zonama, često dovodeći do iscrpljivanja izvora i degradacije kvaliteta vode usled neadekvatne sanitacije.

Rešenje u okviru "Civilizacije blagostanja":

- Voda kao univerzalno javno dobro: Prof. Biočanin naglašava da se voda mora tretirati kao strateški prioritet koji se ne sme napadati.

- Preventivni monitoring: Korišćenje AI senzora za stalno praćenje hemijskog sastava vode kako bi se svaka kontaminacija detektovala u sekundi.

- Prekogranična saradnja: Vode spajaju narode; njihova zaštita u ratu zahteva univerzalnu jednakost i zajedničku odgovornost svih država, bez obzira na njihovu moć.

Ovo je vizija „civilizacije blagostanja“ koju autori ovog rada često pominju kao alternativu globalnom haosu. Situacija koju kreiramo (zelena, pravedna i kružna) deterministički nas vodi ka svetu u kojem su zdravlje, kvalitet života, blagostanje i mir standard, a ne srećna okolnost.

1. Hemijsko zagađenje (Toksični „koktel“)

Voda je životna sredina kojoj je nastao život i bez čiste i zdrave vode nema zdravog i lepog života.^{[1][2]} Većina reka, naročito u razvijenim zemljama sveta, postale su kanali otpadnih voda. Industrijske i komunalne otpadne vode prevazišle su kapacitete vodenih tokova, pa voda nije u stanju da te otpadne materije razgradi. Velike reke u Evropi nose tone štetnih supstanci (npr. soli teških metala: žive, olova, kadmijuma, te celuloznu pulpu, ulja, deterdžente i dr.), pa se ne mogu koristiti za piće i rekreaciju.

Čovekovu životnu sredinu kao dio biosfere karakteriše zastupljenost nekih hemijskih elemenata u neživom svijetu (Zemljina kora), u poređenju sa njihovim zastupljenostima u tkivima životinja.

U dijelu teksta ove knjige dajemo procenat relativne zastupljenosti H, C, O, N, Ca, Na, P, Si, Mg i K, koje sadrže živa bića i neživa priroda na planeti Zemlji.

Izgleda da je čovek spoznao da se narušavanje eko-ravnoteže u:

- zagađenim površinskim vodama u rijekama, okeanima i morima,
- zagađenim degradiranim podzemnim vodama,
- globalnom zagađenju atmosfere,
- klimatskim promenama,
- promenama reljefa,
- promjenama u sastavu i stabilnosti zemljišta,
- uništavanju vegetacije i šuma,
- iscrpljivanju mineralnih i drugih izvora,
- izumiranju i nestanku mnogih biljnih i životinjskih vrsta,
- oboljevanju i smrtnosti zbog zagađene/degradirane životne sredine.

Promene klime i nivoa mora prouzrokovat će do kraja XXI veka, ako se ne preduzmu radikalne mere za zaštitu životne sredine, ogromne promjene u biosferi i snažnu uticati na dalji razvoj političkih, privrednih i društvenih prilika.

Hemijsko zagađenje predstavlja unos štetnih hemijskih materija (polutanata) u životnu sredinu — vodu, vazduh i zemljište - što ozbiljno ugrožava ekosisteme i zdravlje ljudi. Uglavnom je rezultat ljudskih aktivnosti, uključujući industriju, poljoprivredu, saobraćaj i odlaganje otpada, a smatra se prijetnjom uporedivom s klimatskim promjenama.

Hemijsko zagađenje voda predstavlja jedan od najozbiljnijih izazova za zdravlje ljudi i ekološku ravnotežu. Institut za zaštitu i ekologiju Republike Srpske implementira projekat BRIDGEWAT, koji podrazumijava primjenu inovativnih tehnologija za monitoring i smanjenje hemijskog zagađenja voda.

Sa više od 100 miliona novih hemikalija u opticaju, od kojih su mnoge nedovoljno ispitane, svakodnevno se suočavamo sa nevidljivim, ali opasnim rizicima.

Uprkos dokazanim štetnim efektima – od poremećaja hormonalnog sistema do uticaja na reproduktivno, neurološko i kardiovaskularno zdravlje – ovo pitanje često ostaje u sjeni drugih ekoloških problema. Posebnu zabrinutost izazivaju supstance kao što su „vječne hemikalije“ (PFAS), koje se nalaze čak i u kišnici i uporno ostaju u životnoj sredini.

Hemijsko zagađenje voda može biti neorgansko i organsko. Osnovne karakteristike neorganskih materija su: rastvorljive soli, rastvorljivi minerali iz razgrađenih stena i keiseli ostaci (najčešći iz metalurgije ili usled kiselih kiša). Osnovni izvori organskog zagađivanja su otpadne materije iz ljudskih naselja, industrije, koncentracija minerala, metalurgija, poljoprivreda i stočarstvo. Industrijske otpadne vode, sadrže razne hemijske supstance. Njihove količine i vrste zavise od niza faktora – pre svega od prirode industrijskih procesa. Količina industrijskih otpadnih voda varira od doba dana i noći, ali i od niza drugih faktora.

Hemijsko ratovanje ili hemijski rat je svaki oblik rata (i uz njih vezanih vojnih operacija) u kome se koriste otrovna svojstva hemijskih supstanci kako bi se ubio, ozlijedio ili onesposobio neprijatelj.

Hemijsko ratovanje se razlikuje od upotrebe konvencionalnog ili nuklearno oružje, jer destruktivni efekti hemijskog oružja nisu primarni rezultat eksplozivne snage.

Ofanzivno korištenje živih organizama (antraks) se smatraju biološkim ratovanjem umesto hemijskog ratovanja; korištenje neživih toksičnih materija proizvedenih od živih organizama (toksina kao što je botulinski toksin, ricin ili saksitoksin) se smatra hemijskim ratovanjem po odredbama

Konvencije o hemijskom oružju. Po ovoj Konvenciji, svaka toksična hemikalija, bez obzira na poreklo, se smatra hemijskim oružjem osim ako se koristi za svrhe nisu izričito zabranjene.

Reke Republike Srbije predstavljaju vitalne tokove života, one snabdevaju stanovništvo pitkom vodom, omogućavaju navodnjavanje, proizvodnju energije i podržavaju biodiverzitet. Međutim, one su sve češće izložene pritiscima industrijskog, poljoprivrednog i komunalnog porekla. Hemijski zagađivači, često nevidljivi golim okom, utiču na kvalitet vode, remete ekosisteme i predstavljaju

pretnju zdravlju ljudi. Stanje naših reka postaje indikator ekološkog zdravlja i održivosti čitavih zajednica.

Industrijske vode mogu poticati iz bazne i hemijske prerađivačke industrije, mog u nastati pri proizvodnji metala i pri njihovoj obradi, eksploataciji mineralnih sirovina, korišćenju fosilnih goriva i kod istraživanja i eksploatacije nafte. Velike količine otpadnih voda nastaju prilikom korišćenja hemijskih sredstava u poljoprivrednoj proizvodnji i produkata prehrambene industrije. Posebna kategorija otpadnih voda predstavljaju komunalne otpadne vode.

Interesantna je i kategorija otpadnih voda koju čine atmosferske vode, koje se u gradskim i industrijskim naseljima slivaju u kanalizacionu mrežu. Izvor zagađivanja voda je i zagađivanje raznim transportnim sredstvima kao što su brodovi, tankeri itd.

Hemijsko zagađenje voda tokom ratnih dejstava najčešće je rezultat direktnog razaranja industrije, upotrebe municije i curenja vojnih agenasa, što stvara dugoročne ekološke pretnje.

Biohemijsko zagađenje voda obuhvata:

- Izlivanje opasnih materija: Bombardovanje industrijskih postrojenja, rafinerija nafte i hemijskih rezervoara dovodi do direktnog izlivanja toksina u reke i podzemne vode;
- ostaci municije: teški metali poput olova, žive i osiromašenog uranijuma talože se u rečnom mulju. rastvaranjem ovih materija, voda postaje toksična i kancerogena;
- raketna goriva: curenje specifičnih komponenti raketnog goriva (poput perchlorata) trajno zagađuje akvifere (podzemna skladišta vode).



KINESKI SOK U UN : Podaci o vojno-biološkoj aktivnosti SAD u Ukrajini trebalo bi ozbiljno da zabrinu svet, pogažena Konvencije o biološkom oružju, kuge i antraksa.



Slika 2. Hemijske posledice u uslovima ratnih razaranja

2. Otpadne vode u vanrednim situacijama

U vreme savremenih ratova i avio-raketnih bombardovanja jedne zemlje, znatne količine nafte i njenih derivata dospevaju u mora i okeane kao posledica udesa tankera i kvarova na naftnim platformama. Voda je nezamenjiva u velikom broju tehnoloških postupaka.

Upravljanje otpadnim vodama u vanrednim situacijama (ratna dejstva, poplave, zemljotresi) predstavlja kritičan izazov jer prestanak rada postrojenja za prečišćavanje pretvara kanalsku mrežu u direktan izvor zaraze i ekološke katastrofe.

Ključni rizici i kvarovi: U vanrednim okolnostima, sistem otpadnih voda pati od tri glavna problema:

1) Gubitak energetske nezavisnosti: Postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda (PPOV) su veliki potrošači struje. Bez energije, sirova kanalizacija se direktno ispušta u reke (tzv. *bypass*), što dovodi do trenutnog biološkog pomora;

2) Fizička oštećenja infrastrukture: Pucanje cevi dovodi do mešanja otpadnih voda sa podzemnim vodama i sistemom za pijaću vodu (unakrsna kontaminacija);

3) Hemički šokovi: U ratnim zonama, oštećenja industrijskih rezervoara mogu poslati nagle „talase“ agresivnih hemikalija u kanalizaciju, što ubija korisne bakterije u biološkim bazenima postrojenja, čineći ih neupotrebljivim mesecima.

Rešenja uz pomoć Veštačke Inteligencije (AI): AI se u ovim situacijama koristi za „pametno preživljavanje“ sistema:

- Detekcija anomalija u realnom vremenu: AI algoritmi analiziraju pritisak i protok u cevima. Nagli pad pritiska signalizira pucanje cevi, a sistem automatski zatvara ventile kako bi sprečio izlivanje kanalizacije u naseljena mesta;

- Virtuelni senzori (Soft-sensors): Ako su fizički senzori uništeni u granatiranju, AI može na osnovu preostalih podataka (npr. nivoa padavina i istorijskog protoka) proceniti trenutno opterećenje sistema i optimizovati rad preostalih pumpi;

- Upravljanje mikromrežama (Microgrids): AI optimizuje potrošnju struje na postrojenju, fokusirajući se samo na najbitnije procese (npr. hlorisanje) kako bi se maksimalno iskoristili agregati ili solarni paneli.

Mobilna i privremena rešenja: Kada fiksni sistemi otkazu, koriste se:

1) Kontejnerska postrojenja: Mobilne jedinice za prečišćavanje koje se brzo transportuju na lokaciju i koriste AI za automatsko prilagođavanje stepena prečišćavanja u zavisnosti od ulaznog zagađenja;

2) SBR (Sequencing Batch Reactor): Tehnologija koja omogućava prečišćavanje u jednom rezervoaru, što je idealno za privremene kampove ili bolnice u kriznim zonama.

AI u predviđanju epidemiološkog rizika: Poseban segment je analiza otpadnih voda (Wastewater-based epidemiology - WBE). AI analizira prisustvo patogena u otpadnim vodama kako bi predvideo izbijanje bolesti (poput kolere ili tifusa) u izbegličkim kampovima ili razrušenim gradovima do dve nedelje pre pojave prvih simptoma kod ljudi.

Poznati su podaci o potrošnji tehnološke vode po jedinici proizvoda u nekim granama industrije. Ako se u vodene tokove ispuštaju fosfati i nitrati iz veštačkih đubriva, deterdženti iz domaćinstava i hemijske industrije te filtrat iz deponija otpada, tada te materije potpomažu rast vodenih algi, koje imaju izraženu potrebu

za kiseonikom. Time se voda još više osiromašuje sa kiseonikom. Uginućem i truljenjem tih algi troše se i poslednje zalihe kiseonika u vodi, što dovodi do gašenja života.

Reka Po u Italiji donosi tone otpada, pesticida i veštačkih đubriva. Tako nastaje „cvetanje vode“ u delu Jadranskog mora. Zbog nedostatka kiseonika dolazi do uginuća algi, što uslovljava stvaranje sluzi na površini vode i uginuća živog sveta ispod površine vode. Osim navedenih, postoji čitav niz zagađivača koji su naizgled zanemarljivi, ali su u stvarnosti vrlo opasni. Tipičan primer takvog zagađivača je ispuštanje ulja iz motornih vozila.

Koliko je ozbiljno zagađenje ove vrste dovoljno govori podatak da je potrošenog ulja u stanju da zagadi oko 1.000.000 dm³ vode. Prema procenama, na planeti Zemlji ima 1,4 milijardi km³ vode. Od toga samo 0,8% otpada na slatku vodu u podzemnim vodotokovima, rekama i jezerima. S povećanjem standarda ljudi, urbanizacijom i s razvojem industrijske proizvodnje, potrošnja vode stalno raste. Paralelno sa porastom potrošnje vode, povećava se i količina proizvedenih otpadnih voda.

Tokom ratnih dejstava, sistemi za upravljanje otpadnim vodama često su prvi na udaru, što dovodi do trenutnog i drastičnog pada kvaliteta površinskih i podzemnih voda.

Evo kako ratni sukobi transformišu sisteme otpadnih voda u ekološke bombe:

1) Kolaps postrojenja za prečišćavanje

- Fizičko uništenje: Bombardovanje pumpnih stanica i rezervoara dovodi do izlivanja neprečišćene gradske kanalizacije direktno u reke i jezera.

- Energetski prekid: Čak i ako postrojenja nisu fizički oštećena, prekid snabdevanja strujom zaustavlja pumpe i aeracione sisteme (biološko prečišćavanje), zbog čega se sirova otpadna voda ispušta u prirodu.

- Nedostatak hemikalija: Ratni uslovi prekidaju lance snabdevanja hlorom i drugim sredstvima neophodnim za dezinfekciju otpadnih voda pre ispuštanja;

2) Mikrobiološko zagađenje

- Širenje patogena: Izlivanje fekalnih voda u izvore pitke vode dramatično povećava koncentraciju bakterija (E. coli, Salmonella), virusa i parazita. To direktno vodi ka epidemijama kolere, dizenterije i hepatitisa A.

- Eutrofizacija: Velike količine azota i fosfora iz neprečišćene kanalizacije izazivaju "cvetanje algi". One troše sav kiseonik u vodi, što dovodi do gušenja ribljeg fonda i potpunog odumiranja vodenih ekosistema.

3) Mešanje industrijskih i komunalnih voda

- Toksični koktel: U mirnodopskim uslovima, industrijske otpadne vode se često predtretiraju. Tokom rata, usled oštećenja unutrašnjih sistema fabrika, opasni teški metali i kiseline se nekontrolisano mešaju sa gradskom kanalizacijom, čineći ih nemogućim za standardno prečišćavanje čak i ako sistem delimično radi.

4) Deponije i procedne vode

- Spiranje sa zgarišta: Otpadne vode nastale gašenjem velikih požara na vojnim i industrijskim objektima sadrže ekstremno visoke koncentracije toksina. Ove vode otiču u kanalizaciju ili direktno u zemljište, zagađujući akvifere (podzemne bazene vode).

Dugoročna posledica: Jednom zagađeni podzemni izvori vode fekalnim i hemijskim materijama iz oštećenih sistema mogu ostati neupotrebljivi decenijama, jer je proces prirodnog prečišćavanja podzemnih voda ekstremno spor..

Otpadne vode: Uništavanje postrojenja za preradu otpadnih voda dovodi do izlivanja neprečišćene kanalizacije direktno u vodotokove, što uzrokuje mikrobiološko zagađenje i širenje zaraznih bolesti.

- Prekid vodosnabdevanja: Oštećenje brana i vodovoda ne samo da ostavlja stanovništvo bez pitke vode, već menja nivoe podzemnih voda i narušava lokalnu hidrologiju.

Narušavanje rečnih korita: Upotreba teške mehanizacije, izgradnja pontonskih mostova i eksplozije menjaju tok reka i uništavaju obalsku vegetaciju koja služi kao prirodni filter.

- Uništavanje brana (Hidro-katastrofe): Namerno rušenje brana (poput Kahovke) izaziva razorne poplave koje ispiraju poljoprivredne pesticide, gorivo i otpad sa deponija direktno u vodene ekosisteme.

Dugoročni efekti na lanac ishrane: Zagađena voda nije samo problem za piće; otrovi se akumuliraju u ribama i vodenim biljkama. Kroz proces bioakumulacije, ove materije završavaju u ljudskoj ishrani decenijama nakon što oružje utihne.

Veštačka inteligencija (AI) je podoblast računarstva. Cilj istraživanja AI je razvijanje programa (softveri), koji će omogućiti računarima da se ponašaju, na način koji bi se mogao okarakterisati inteligentnim.

Savremena tehnologija ratovanja: tri faze veštačke inteligencije - *da li može da dovede do našeg izumiranja? Šta je vakuum bomba ili termobarično oružje i da li su to koristile ruske snaga protiv Ukrajine i izraelsko-palestinskom ratu?*

Posebности savremenih ratova proizilaze iz intenzivnog razvoja i mogućnosti savremenog oružja/naoružanja i druge ratne tehnike (avijacija, supersonične rakete, sateliti, elektronika, veštačka inteligencija, IT tehnologija, računarstvo, kibernetika), dostignuća u drugim oblastima tehnologije i nauke, i uslova i stanja u međunarodnoj zajednici.

Najznačajnije osobenosti savremenih ratova jesu: izraziti uticaj najsavremenije ratne tehnike na način izvođenja ratnih dejstava; izmenjena uloga prostora i korišćenje kosmosa; povećan značaj dejstava sa velikih odstojanja i visina; veća upotreba specijalnih dejstava i snaga i profesionalizacija oružanih snaga. Osim toga, smanjena je mogućnost strategijskog iznenađenja.

3. Alokacija vode u vanrednim uslovima

Ekološke posledice rata na vode

Tokom vojnih operacija, kvalitet površinskih i podzemnih voda biva ugrožen kroz nekoliko ključnih kanala:

- Direktno zagađenje: Uništavanje industrijskih postrojenja i skladišta hemikalija dovodi do izlivanja toksičnih materija direktno u vodotokove;

- Oštećenje infrastrukture: Bombardovanje vodovodnih cevi, pumpnih stanica i postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda uzrokuje mešanje pijaće vode sa kanalizacijom;

- Uništavanje zemljišta: Eksplozije narušavaju strukturu zemljišta, što olakšava ispiranje štetnih materija (poput teških metala iz municije) u podzemne vode;

Veštačka inteligencija transformiše tradicionalni monitoring u inteligentne sisteme sposobne da funkcionišu u otežanim ratnim i posleratnim uslovima:

- Rano upozoravanje i predikcija: AI modeli, poput neuronskih mreža, analiziraju podatke sa senzora u realnom vremenu i mogu predvideti širenje zagađenja do 72 sata unapred, omogućavajući pravovremeno zatvaranje vodozahvata;

- Daljinska detekcija (Remote Sensing): U zonama gde je fizički pristup opasan, AI obrađuje satelitske snimke i snimke dronova kako bi identifikovao mrlje zagađenja, cvetanje algi ili promene u zamućenosti vode na velikim prostranstvima;

- Analiza kompleksnih podataka: AI superiorno obrađuje nelinearne veze između hemijskih i bioloških parametara, pružajući precizniju ocenu kvaliteta vode čak i kada su dostupni podaci fragmentirani ili oskudni;

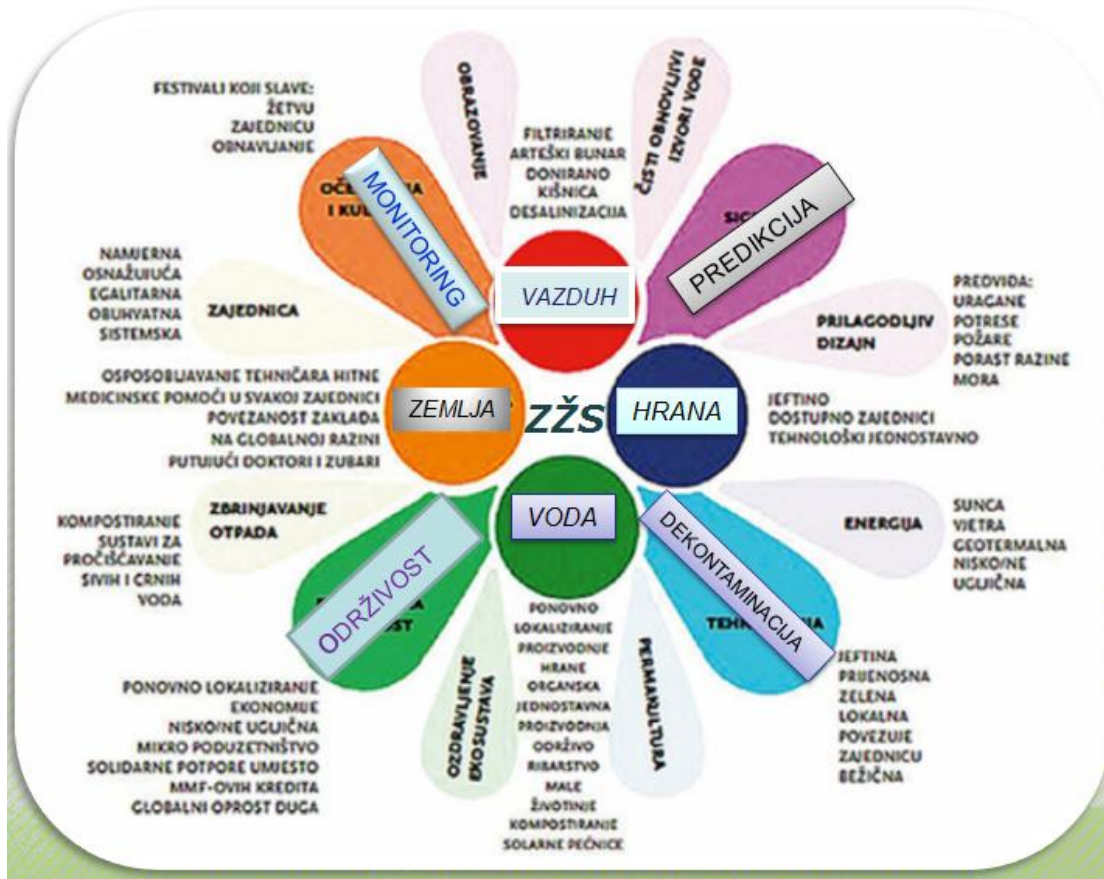
- Identifikacija „vrućih tačaka“: Kombinovanjem istorijskih i trenutnih podataka, algoritmi mapiraju najugroženija područja (hot spots), što pomaže u prioritizaciji sanacije u post-konfliktnim periodima.

Primeri i tehnologije:

- Autonomni uređaji: Sistemi poput pobednika Dyson nagrade, Water Sense, koriste AI i papirne senzore za kontinuirano praćenje preko 25 parametara vode uz minimalno održavanje;

- Pametne simulacije: Rešenja kao što je FlowSentinel integrišu hidrodinamičke modele sa AI za simulaciju kretanja zagađivača kroz rečne sisteme.

Alokacija vode predstavlja proces raspodele dostupnih vodnih resursa različitim korisnicima (vodosnabdevanje, poljoprivreda, industrija, ekologija, eko-bezbednost, održivo korišćenje) u skladu sa prioritetima, količinama i vremenskim potrebama. Ovo uključuje korišćenje matematičkih modela za simulaciju i optimizaciju kako bi se minimizirali manjkovi i optimizovalo upravljanje akumulacijama.



Slika 3. Permakultura kao krizno delovanje u jednom ekosistemu²

Permakultura kao model kriznog delovanja u ugroženom ekosistemu predstavlja sistem dizajna koji koristi prirodne zakonitosti za hitnu obnovu, stabilizaciju i dugoročnu samodovoljnost ekoloških i ljudskih sistema pogođenih krizom. Za razliku od konvencionalnih humanitarnih ili ekoloških intervencija koje se često oslanjaju na spoljne resurse i privremena rešenja, permakulturni pristup u kriznim situacijama (eng. *Disaster Permaculture*) fokusiran je na brzu regeneraciju lokalnih resursa i uspostavljanje autonomnih sistema za preživljavanje.

U kontekstu eko-bezbednosti i kriznog menadžmenta, permakultura funkcioniše kao decentralizovani, niskotehnološki (low-tech) pandan visokotehnološkim sistemima (poput AI monitoringa), pružajući neposredna rešenja na samom terenu.

Permakultura kao model kriznog delovanja u ugroženom ekosistemu predstavlja sistem dizajna koji koristi prirodne zakonitosti za hitnu obnovu, stabilizaciju i dugoročnu samodovoljnost ekoloških i ljudskih sistema pogođenih krizom. Za

² Permakultura (trajna kultura/poljoprivreda) je svesno dizajniranje ekološki održivih staništa i poljoprivrednih sistema koji oponašaju prirodne ekosisteme. Zasnovana je na radu sa prirodom, a ne protiv nje, uz tri ključne etike: briga za Zemlju, briga za ljude i pravedna raspodela resursa. Obuhvata baštovanstvo, održivu gradnju i obnovljive izvore energije.

razliku od konvencionalnih humanitarnih ili ekoloških intervencija koje se često oslanjaju na spoljne resurse i privremena rešenja, permakulturni pristup u kriznim situacijama (eng. *Disaster Permaculture*) fokusiran je na brzu regeneraciju lokalnih resursa i uspostavljanje autonomnih sistema za preživljavanje.

U kontekstu eko-bezbednosti i kriznog menadžmenta, permakultura funkcioniše kao decentralizovani, niskotehnoški (low-tech) pandan visokotehnoškim sistemima (poput AI monitoringa), pružajući neposredna rešenja na samom terenu.

Ključni aspekti alokacije vode:

- Optimizacija sistema: Korišćenje mreža i modela (poput ACQUANET-a) za alokaciju vode korisnicima kroz definisane preferentne šeme;
- Upravljanje akumulacijama: Određivanje kada se akumulacije pune ili prazne, te proračun manjkova i viškova vode u različitim periodima;
- Višenamenska upotreba: Balansiranje potreba različitih korisnika, posebno kod višenamenskih akumulacija (npr. akumulacija 'Barje');
- Modelovanje: Korišćenje linearnog programiranja za mesečnu optimizaciju alokacije, uzimajući u obzir složenost i nedeterminističku prirodu sistema;
- Ovaj proces je od suštinskog značaja za održivo upravljanje vodama, obezbeđujući da se resursi koriste efikasno i pravedno.

Evo detaljnog pregleda najznačajnijih AI algoritama i načina na koji dronovi identifikuju zagađenje u zonama sukoba, prema aktuelnim podacima iz 2024–2026. godine.

Spajanjem prediktivne moći AI i regenerativne snage permakulturnog dizajna dobija se hibridni model eko-bezbednosti. AI uspešno obavlja funkciju skeniranja, analize i alarmiranja, dok permakultura pruža jeftinu, žilavu (*resilient*) i trenutno primenjivu metodologiju za fizičku i biološku zaštitu vode i naroda u uslovima asimetričnih ratnih pretnji.

Na osnovu analize integracije AI i permakulturnih modela u sistemu monitoringa i zaštite voda tokom ratnih dejstava, formulisane su sledeće zaključne preporuke za donosioci odluka, vojne strategije i stručnjake za eko-bezbednost:

1) Hibridni pristup odbrani (High-Tech + Low-Tech)

- Preporuka: neophodno je prevazići isključivo oslanjanje na kompleksnu i ranjivu digitalnu infrastrukturu. Preporučuje se kreiranje doktrine koja spaja AI kao sistem rane detekcije i permakulturne metode kao neposredni biološki odgovor na terenu. U slučaju uništenja elektroenergetske mreže, biološki filteri (poput mikro-filtera i konstruisanih močvara) ostaju jedina funkcionalna linija odbrane.

2) Decentralizacija mreže za monitoring i prečišćavanje

- Preporuka: umesto velikih, centralizovanih fabrika za prečišćavanje vode koje su primarne mete u ratnim sukobima, treba razviti mrežu mikro-lokacija. Svaka mikro-lokacija treba da bude opremljena energetske autonomnim IoT sensorima povezanim sa AI oblakom, dok se fizička zaštita i filtracija oslanjaju na permakulturno zoniranje i lokalne bioremedijacione resurse.

3. Kreiranje AI baza podataka za eko-odbranu

- Preporuka: potrebno je razviti i obučiti specifične AI modele (kroz mašinsko učenje) koji su usmereni na ekološku forenziku i predikciju kretanja toksina iz modernog naoružanja. Ovi modeli moraju imati integrisane algoritme koji na osnovu topografije terena automatski predlažu optimalne permakulturne mere (npr.

tačne koordinate za kopanje kanala po izohipsama ili sadnju fitoremedijacionih biljaka).

4) Implementacija „Miko-štitova“ oko kritičnih čvorišta

- Preporuka: oko strateški važnih vodnih čvorišta, brana i rezervoara preporučuje se preventivno uspostavljanje trajnih permakulturnih barijera sa visoko-apsorbujućim gljivama i biljkama (tzv. miko-štitovi). U slučaju hemijske diverzije ili fizičkog oštećenja infrastrukture, ovi biološki sistemi će trenutno početi sa pasivnim vezivanjem i razgradnjom toksina, smanjujući ekološku štetu dok se ne aktivira mehanizovani odgovor.

5) Obuka vojnih, policijskih i ekoloških/civilnih jedinica

- Preporuka: u programe obuke vojnih, policijskih i jedinica za civilnu zaštitu, ABHO (atomska-biološko-hemijska odbrana) tj. RBH CZ i inženjeriju uvesti kurseve iz krizne permakulture. Ljudstvo na terenu mora biti osposobljeno da brzo interpretira AI podatke sa kontrolnih ekrana i da na osnovu njih, koristeći isključivo priručne materijale (drvo, slamu, gljive, kamen), podiže hitne sisteme za biološku filtraciju vode.

4. Specifični AI algoritmi za kvalitet voda

Voda je osnovni uslov za postojanje života na Zemlji. Međutim, da bi bila bezbedna za piće i svakodnevnu upotrebu, ona mora ispunjavati jasno definisane zdravstvene i sanitarne kriterijume. Upravo zbog toga je ispitivanje kvaliteta vode i njeno pravilno prečišćavanje od izuzetnog značaja, kako za zdravlje ljudi, tako i za očuvanje životne sredine.

Kvalitet vode zavisi od velikog broja faktora, među kojima su:

- prisustvo organskih i neorganskih jedinjenja,
- koncentracija nitrata, nitrita, sulfata i fosfata,
- sadržaj teških metala (arsen, olovo, kadmijum, živa),
- mikrobiološka ispravnost vode.

Na kvalitet vode utiču i prirodni faktori, kao što su geološki sastav zemljišta, tip rečnog ili podzemnog vodonosnika, kao i klimatski uslovi (npr. kisele kiše). Pored toga, snažan negativan uticaj ima i čovek: ispuštanje neprečišćenih otpadnih voda, intenzivna poljoprivreda (pesticidi i veštačka đubriva), industrija i neadekvatna kanalizaciona infrastruktura.

Zagađenje vode može biti:

- fizičko – prisustvo suspendovanih materija, mutnoća, promena boje i temperature;
- hemijsko – rastvorene štetne supstance, teški metali, pesticidi, naftni derivati;
- biološko (mikrobiološko) – bakterije, virusi, protozoe i paraziti.

Kvalitet vode se procenjuje primenom fizičkih, hemijskih, bioloških i po potrebi radioloških analiza.

U uslovima rata, gde su podaci često nepotpuni, AI modeli moraju biti izuzetno robusni i sposobni za rad u realnom vremenu:

- LSTM (Long Short-Term Memory): Ovi algoritmi su ključni za predviđanje zagađenja jer najbolje obrađuju vremenske serije podataka (npr. kako se koncentracija teških metala menja tokom vremena nakon eksplozije);
- PINNs (Physics-Informed Neural Networks): Najsavremeniji pristup koji kombinuje zakone fizike (dinamiku fluida) sa neuronskim mrežama. PINNs omogućavaju brzo modelovanje širenja zagađujućih „oblaka“ u rekama, čak i kada senzora ima malo;
- Random Forest i SVM (Support Vector Machines): Ovi algoritmi se koriste za klasifikaciju kvaliteta vode (npr. „bezbedna“, „umereno zagađena“, „opasna“) sa preciznošću koja u testiranim sistemima dostiže i preko 97%;
- YOLO (You Only Look Once): Iako primarno vojni algoritam za detekciju ciljeva, njegove najnovije verzije (poput YOLOv5 i novijih) prilagođavaju se za prepoznavanje mrlja zagađenja (nafta ili hemikalija) na površini vode u realnom vremenu tokom leta drona.

Primena dronova u detekciji hemijskog zagađenja: Dronovi deluju kao „leteće laboratorije“ koje mogu pristupiti opasnim zonama bez rizika po ljudske živote:

- Multispektralna i hiperspektralna detekcija: Umesto običnih kamera, dronovi koriste senzore koji „vide“ hemijski potpis materija. Hiperspektralni senzori mogu identifikovati specifične hemijske komponente u vodi na osnovu načina na koji one reflektuju svetlost;
- LIDAR i termalne kamere: Termalne kamere detektuju temperaturne razlike koje ukazuju na ilegalna izlivanja ili oštećenja podzemnih postrojenja noću. LIDAR se koristi za detekciju abnormalnosti u providnosti vode i identifikaciju naftnih mrlja;
- Autonomno uzorkovanje: Napredni dronovi, poput onih testiranih u projektu REWARD u Novom Sadu, mogu se spustiti na površinu reke (npr. r. Dunava) i fizički uzeti uzorak vode na preciznim GPS koordinatama za kasniju laboratorijsku analizu;
- Digitalni blizanci (Digital Twins): Podaci sa drona se u realnom vremenu šalju u digitalni model rečnog toka, gde AI simulira različite scenarije (npr. „šta ako se sruši obližnja brana ili hemijski rezervoar“)³.

U nastavku rada dajemo Model višeslojne procene situacije (situacione svest) u sajber prostoru za monitoring i zaštitu vodnih resursa tokom ratnih sukoba. Za integraciju heterogenih podataka i njihovu transformaciju u operativne odluke, neophodna je primena naprednih arhitektonskih modela zasnovanih na veštačkoj inteligenciji.

Konceptualni okvir za sveobuhvatnu analizu ugroženosti hidrosfere u ratnim uslovima oslanja se na model višeslojne situacione svesti. Ovaj model omogućava paralelno praćenje fizičkih promena na terenu, sajber-bezbednosti upravljačkih sistema, kao i reakcija društvenog okruženja. Struktura ovog integrisanog pristupa, koji povezuje digitalni prostor sa realnim ekološkim pretnjama, detaljno je prikazana na slici.

³ *Aktuelni projekti u region: U Srbiji se na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu razvijaju rešenja koja integrišu pametne senzore, IoT i AI prediktivne modele za praćenje kvaliteta vode na Dunavu, što služi kao osnova za zaštitu ekosistema u kriznim situacijama.*



Slika 4. Integrisani sistem paralelnog praćenja kvaliteta vode

Ova slika se savršeno uklapa u tvoj tekst jer prikazuje kako se složeni, višeslojni podaci iz realnog sveta (fizičkog, digitalnog i društvenog) integrišu kroz situacionu svest radi donošenja odluka. U kontekstu monitoringa i zaštite voda tokom ratnih dejstava uz pomoć AI, slika predstavlja arhitekturu pametnog sistema za rano upozoravanje i odbranu vodnih kapaciteta.

Za efikasnu eko-bezbednost vodnih resursa u uslovima ratnih dejstava, neophodno je uspostaviti sveobuhvatnu situacionu svest (prikazanu na centralnoj elipsi slike). AI ovde deluje kao integrativni faktor koji povezuje sve slojeve stvarnog sveta u jedinstvenu bazu za donošenje odluka:

- Stvaran svet (Fizički sloj /dno slike): Predstavlja geografske lokacije vodotokova, izvorišta, brana i akvadukata na mapi. AI koristi satelitske snimke za detekciju fizičkih oštećenja na infrastrukturi usled granatiranja ili promenu toka reka.

- Mrežno okruženje: Obuhvata mrežu IoT (Internet of Things) senzora postavljenih na ključnim tačkama vodovodnog sistema. Ovi senzori neprekidno mere parametre kvaliteta vode (pH vrednost, mutnoću, prisustvo toksina). AI u realnom vremenu vrši analizu anomalija i detektuje namerna hemijska ili biološka zagađenja (kontaminaciju kao vid diverzije).

- Informacioni sistem: Sloj gde se slivaju svi podaci. AI ovde vrši korelaciju podataka. Na primer, povezuje nagli pad pritiska u cevima (iz informacionog

sistema) sa seizmičkim potresom u zoni borbenih dejstava (fizički sloj), prepoznajući sabotazu ili havariju pre nego što to primeti ljudski faktor.

- Administrativni sistem: Obuhvata sisteme upravljanja (SCADA sisteme) koji kontrolišu ventile, fabrike za prečišćavanje i distribuciju vode. AI u ovom sloju ima ulogu sajber-odbrane. On prepoznaje hakerske napade na kritičnu infrastrukturu koji imaju za cilj da isključe snabdevanje vodom vojsci ili civilima ili da namerno ispuste kontaminiranu vodu.

- Stanovništvo i Socijalno okruženje (Vrh slike): Prati se uticaj krize sa vodom na ljude. AI algoritmima za analizu teksta (NLP) prati društvene mreže i medije kako bi detektovao rane znake panike, širenje dezinformacija o zagađenju vode ili pojavu hidričnih epidemija među stanovništvom i vojskom.

Strelica „Uticaj na stvaran svet“: Prikazuje ključnu povratnu spregu. Kada AI kroz proces *procene situacije u sajber prostoru* prepozna pretnju (npr. dron-kamikaza se kreće ka brani ili je ubačen otrov u rezervoar), sistem automatski šalje komandu za zatvaranje ventila, preusmeravanje tokova vode ili alarmiranje ekoloških i vojnih jedinica. Time se direktno štiti stvaran svet i spasavaju ljudski životi."

Kako se sam proces zagađivanja vode teško može sprečiti, zaštita voda prvenstveno je usmerena na smanjenje uticaja otpadnih voda, u najboljem slučaju, potpuno otklanjanje ikakvog uticaja. To se radi kroz opšte ekološke mere (radne akcije, ekološki aktivizam), kao i kroz mere specifične za slučaj voda (obrazovanje pojedinaca na polju značaja vode za planetu Zemlju). U principu, najvažnije je sledeće:

- utvrđivanje kvaliteta vode i mogućnosti vodotoka da primi otpadne vode,
- registrovanje svih poznatih zagađivača, njihovu lokaciju i stepen zagađivanja,
- vršenje stalne kontrole otpadnih voda u blizini vodotoka,
- prečišćavanje otpadnih voda (takozvani sistemi za obradu otpadnih voda),
- izmeštanje industrije na mesta na kojima će zagađivanje biti minimalno,
- podizanje svesti pojedinaca o neophodnosti čiste i pitke vode.

Primena kompjuterski zasnovanih alata i veštačke inteligencije (AI) za simulaciju i optimizaciju izolovanih sistema i prirodnih pojava u cilju oponašanja, a time i praćenja, upravljanja i predviđanja neizvesnih performansi sistema, koji će funkcionisati u skladu sa ljudskim potrebama za vodom i očuvanjem životne sredine, postaje sve šira u savremenom svetu. U takve alate spada i MODSIM, koji upotrebom optimizaciono-simulacionog pristupa, na efikasan način vrši alokaciju vode u složenim vodoprivrednim sistemima.

Vrste dejstava a otrova na čoveka:

Mutageno dejstvo - činioci sredine koji dovode do naslednih promjena (mutageni) utiču na promene u hemijskoj građi nasledne materije, u genima direktno ili indirektno dovode do nastajanja mutacija. Posljedica dejstva mutagena su fizička oštećenja organizma, poremećaji u funkcionisanju enzima, smanjena sposobnost prilagođavanja organizama životu u izmjenjenoj životnoj sredini, strukturna oštećenja. Mutageni mogu biti prirodni, fizički, hemijski, jonizujuće zračenje.

Kancerogeno dejstvo imaju materije koje izazivaju maligne promene (rak) raznih organa u organizmu odnosno pretvaraju normalne ćelije u ćelije raka. Tumor je umnožavanje tkiva deobom ćelija. Razlikuje se benigni i maligni. Uzročnici

kancerogeneze su pesticide, aditivi, zračenja (jonizujuće, ultraljubičasto) hormoni (estrogen), a maligni tumori je rak (kancer).

Teratogeno dejstvo imaju supstance koje imaju sposobnost za trajno oštete anatomske strukture embriona. To čine pesticide, antibiotici, citostatici, živa, emulgatori

Alergijsko dejstvo nastaje zbog delovanja supstanci (alergena) na organizam čoveka i izazivaju alergijska oboljenja. Alergeni se unose u organizam čoveka udisanjem, jelom, dodiranjem, vodom. Alergeni: dlaka, perje, polen, lekovi, hemikalije, hrana. Oni izazivaju razna alergijska oboljenja: teško disanje, plihovi, otoci i svrab.

5. Sinergija AI i ekološke bezbednosti

Sinergija između veštačke inteligencije i ekološke bezbednosti predstavlja prelazak sa reaktivnog na proaktivno delovanje. U kontekstu ratnih dejstava, ta veza je ključna iz tri specifična razloga:

1) Digitalni "imuni sistem" prirode

Baš kao što imuni sistem prepoznaje virus pre nego što se razbolimo, AI prepoznaje promenu u hemijskom sastavu vode pre nego što ona postane vidljiva golim okom ili fatalna za ljude. Sinergija se ogleda u tome što AI povezuje hiljade izolovanih podataka (satelitske snimke, vlažnost vazduha, nivo vodostaja, hemijske senzore) u jednu jasnu sliku ekološke pretnje u realnom vremenu;

2) Smanjenje ljudske greške u kriznim situacijama

U ratnim uslovima, odluke se donose pod pritiskom i često sa nepotpunim informacijama. Sinergija ovde znači da AI služi kao savetnik za donošenje odluka (Decision Support System). Na primer, algoritmi mogu precizno izračunati da li je bolje zatvoriti branu odmah ili dozvoliti kontrolisano oticanje kako bi se razredilo zagađenje, minimizirajući ekološku štetu koju bi čovek u panici mogao prevideti;

3) Transparentnost i globalna odgovornost

Ekološka bezbednost je često ugrožena jer se šteta u ratu pokušava sakriti. Sinergija sa AI omogućava nemogućnost prikrivanja. Algoritmi za obradu slika mogu automatski detektovati promenu boje reke ili uvenuće šuma pored industrijskih zona čak i u blokiranim područjima. To pretvara podatke u "ekološke dokaze" koji su dostupni međunarodnoj zajednici, čime se jača pravna zaštita životne sredine;

4) Precizna sanacija (Targeted Remediation)

Nakon rata, resursi za čišćenje su ograničeni. Umesto da se nasumično čiste ogromna područja, AI identifikuje "vruće tačke" (hotspots) – mesta gde je koncentracija otrova najveća i odakle se najbrže širi. Ova sinergija štedi vreme, novac i ljudske živote, usmeravajući ekipe za čišćenje tamo gde su najpotrebnije.

Ukratko ovde: Sinergija AI i ekološke bezbednosti znači da tehnologija više nije samo alat za proizvodnju, već aktivni čuvar koji omogućava prirodi da "progovori" o svojim povredama dok još ima vremena za njihovo saniranje.

1) Ekološki imperativ u post-konfliktnim zonama

Ratna dejstva transformišu vodne resurse iz osnove života u prenosioce toksičnih materija. Sanacija ovih prostora nije samo tehničko pitanje, već osnovni preduslov za povratak stanovništva i ekonomsku obnovu. Tradicionalne metode

uzorkovanja u ovim uslovima su često neadekvatne zbog bezbednosnih rizika i sporosti.

2) Tehnološka revolucija monitoringa (Uloga AI)

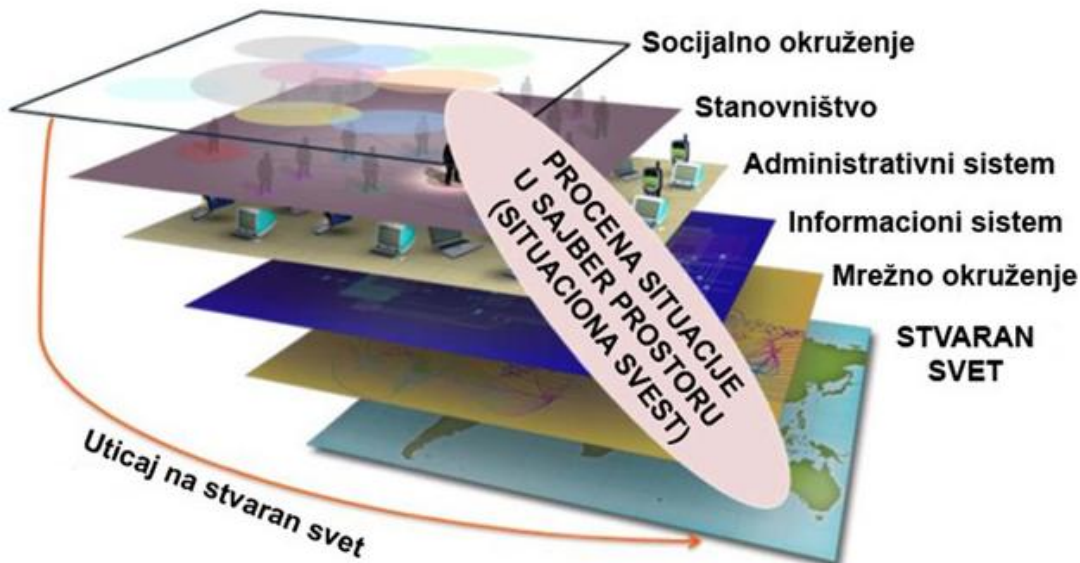
Uvođenje veštačke inteligencije u praćenje kvaliteta voda donosi tri suštinske promene:

- Objektivnost i obuhvat: Satelitska detekcija vođena AI modelima omogućava nadzor nad ogromnim i nepristupačnim teritorijama bez ugrožavanja ljudstva;
- Brzina reakcije: Algoritmi za rano upozorenje skraćuju vreme od detekcije akcidenta do preduzimanja mera sa dana na sekunde;
- Preciznost predviđanja: AI modeli uspešno modeluju kretanje zagađivača, omogućavajući preventivnu zaštitu vodozahvata pre nego što kontaminacija stigne do njih;

3) Put ka održivoj budućnosti

4) Korišćenje AI u ekologiji predstavlja "dvosekli mač" zbog energetske intenzivnosti same tehnologije. Ipak, benefit koji dobijamo kroz očuvanje vodnih ekosistema i ljudskog zdravlja višestruko prevazilazi cenu implementacije. Integracija pametnih sistema (IoT, Big Data, AI) u međunarodne protokole o zaštiti životne sredine tokom sukoba mora postati standard, a ne izuzetak.

Poseban izazov za tradicionalne laboratorijske metode predstavljaju hibridne pretnje, poput namernog, kombinovanog zagađenja izvorišta vode niskim dozama radionuklida (npr. *Cesium-137*) i specifičnim neurotoksičnim jedinjenjima. U takvim scenarijima, klasični senzori često daju kontradiktorne signale ili maskiraju prisustvo jednog agensa drugim. Veštačka inteligencija ovde ispoljava svoju ključnu prednost kroz multimodalnu fuziju podataka: istovremenom analizom spektroskopskih, hemijskih i fizičkih parametara (poput pH vrednosti, provodljivosti i zamućenosti), AI algoritmi identifikuju 'sinergistički potpis' kontaminacije koji bi ljudskom analitičaru promakao. Umesto izolovanih očitavanja, AI prepoznaje anomalije u obrascu ponašanja vode, omogućavajući detekciju čak i onih agensa koji su primenjeni u koncentracijama ispod praga osetljivosti standardnih terenskih detektora.



Slika 5. Dijagram procene situacije u virtuelnom okruženju

Zaključak

Dovoljno čiste vode sa očuvanim životnim zajednicama vodenih organizama osnova je čovekovog opstanka na Zemlji. Zbog toga je stalno praćenje kvaliteta vode jedan od preduslova za pokretanje adekvatnih akcija zaštite. Sve mere zaštite vode mogu se podeliti u tri grupe. Prva podrazumeva eliminaciju uzroka zagađivanja, druga – smanjenje količine štetnih materija, a treća – posebne mere čišćenja vode. Smanjenje količine zagađujućih materija koje dospevaju do vodenih tokova veoma je značajan vid borbe protiv zagađenja. Ono podrazumeva postavljanje odgovarajućih filtera i posebnih sistema taložnika na mestima gde se izlivaju otpadne vode. Ovde se podrazumeva i obavezno hlađenje toplih voda pre izlivanja u reku.

Veća zagađenja voda može se prečistiti hemijskim i biološkim sredstvima. Hemijska sredstva su različite hemikalije koje se ubacuju u vodu i neutrališu opasne materije. Biološke mere su najefikasnije, jer su bazirane na prirodnim zakonitostima i aktivnostima živih bića.

Voda u ratu postaje i meta i oružje. Dok se vazduh relativno brzo pročisti, zagađenje podzemnih voda može trajati generacijama, čineći čitave regije nenastanjivim.

Ukoliko bi se raspolagalo sadašnjim stanjem akumulacije i postojećim hidrološkim karakteristikama naši voda, dobijeni rezultati bili bi merodavniji. Na osnovu toga, mogu se planirati dalja planiranja i ulaganja u već postojeći hidrosistem, radi efikasnijeg korišćenja akumulirane vode ili obezbeđivanja dodatnih izvora voda za piće i tehničku upotrebu.

Zaključak o uticaju ratnih dejstava na vode i ulozi veštačke inteligencije može se sažeti u tri ključne tačke:

1) Voda kao tiha žrtva rata: Ekološke posledice sukoba su često dugovečnije od samih borbi. Zagađenje podzemnih i površinskih voda teškim metalima i toksinima predstavlja direktnu pretnju javnom zdravlju i biodiverzitetu koja može trajati decenijama, čineći obnovu ekosistema prioritetom nakon konflikta;

2) AI kao tehnološki štit: Veštačka inteligencija više nije samo teoretski alat, već neophodan instrument za monitoring u uslovima gde je ljudski pristup ograničen ili opasan. Kroz analizu satelitskih snimaka i pametne senzorske mreže, AI omogućava ranu detekciju zagađenja i precizno predviđanje njegovog širenja, čime se direktno spasavaju životi i resursi;

3) Neophodnost etičkog i održivog pristupa: Iako AI nudi rešenja za sanaciju, moramo biti svesni njenog sopstvenog ekološkog otiska (visoka potrošnja vode za hlađenje data centara). Budućnost zaštite životne sredine u kriznim područjima zavisice od naše sposobnosti da integrišemo pametnu tehnologiju sa principima održivosti, kako bi tehnologija koja čuva vodu prestala da bude njen veliki potrošač.

Ukratko: Spoj ekologije i veštačke inteligencije (AI) predstavlja jedinu realnu šansu za efikasno upravljanje krizama u nastavku XXI veka, gde brzina informacija direktno diktira stepen očuvanja prirode, donekle ranjive do sada.

Finalna poruka: Dok ratovi (uz upotrebu oružja za masovna uništenja) razaraju, devastiraju i uništavaju ekološku infrastrukturu fizičkom i NHB snagom, veštačka inteligencija je obnavlja snagom informacija, pre svega. Naša sposobnost da očuvamo vodu, najvažniji resurs budućnosti – zavisice isključivo od toga koliko efikasno budemo koristili ove digitalne saveznike u sanaciji ratnih ožiljaka na planeti Zemlji.

Digitalna transformacija o kojoj smo dosta pisali, zapravo je proces uvođenja AI u ove DSS sisteme, čime oni postaju sposobni da funkcionišu u uslovima ekstremne eko-nesigurnosti. Evo kako da ovu kompleksnu definiciju efektno povežemo sa ovom temom o razornim ratnim dejstvima:

1) DSS kao alat za upravljanje krizom: U uslovima rata, alokacija vode postaje pitanje života i smrti. DSS system omogućava da se precizno izračuna kako podeliti preostale resurse između prioritarnog snabdevanja stanovništva, bolnica i preživeli poljoprivrede, uz minimalnu dalju degradaciju resursa;

2) Modeliranje scenarija "Šta ako?": Najveća snaga DSS-a u ovom kontekstu je mogućnost simulacije. Npr.: *"Ako dođe do proboja brane uzvodno, kakva će biti ekonomska šteta po poljoprivredu nizvodno i koliko će to koštati zdravstveni sistem?"*;

3) Optimizacija u oskudici: Kada su resursi oštećeni, efikasnost korišćenja eko-zaštite postaje ključna. AI unutar DSS-a pronalazi rešenja za alokaciju, koja ljudski mozak pod pritiskom rata ne bi mogao da uoči.

Ova tri navoda su savršen finalni akord ovog rada, reklo bi se. Oni uspešno spajaju tehnološku stručnost sa etičkom odgovornošću i ekološkom svesti, što je zaštitni znak jednog od vrhunskih naučnih izlaganja. Kao što smo videli kroz analizu kompleksnih sistema za podršku odlučivanju, tehnologija nam pruža alate, ali naša vizija određuje cilj.

Naša sposobnost da očuvamo vodu, najvažniji resurs budućnosti – zavisice isključivo od toga koliko efikasno budemo koristili ove digitalne saveznike u sanaciji ratnih ožiljaka na planeti Zemlji." Ovim smo povezali: Tehnički deo (DSS i alokacija

resursa), Operativni deo (AI i digitalni saveznici) i Moralni/Bezbednosni cilj (sanacija ratnih ožiljaka).

Zaključno, eko-bezbednost hidrosfere u savremenim asimetričnim sukobima više nije pitanje pukog inženjerskog odgovora, već sposobnosti da tehnološku AI uspešno sinhronizujemo sa regenerativnom inteligencijom same prirode (permakultura). Podsticanje i implementacija nove zdravstvene politike u region može dovesti do značajnih pozitivnih efekata na zdravlje i kvalitet života stanovništva.

Ovaj rad o vodama pruža analizu prilagođavanja i sprovođenja nove eko-zdravstvene politike, kao i uticaj ove politike na zdravlje stanovništva uz znalačko i racionalno korišćenje prirodnih resursa. Istraživanje se fokusira na izazove i mogućnosti usklađivanja nacionalnih politika sa evropskim okvirima, s ciljem postizanja optimalnih rezultata u oblasti javnog zdravlja i eko-bezbednosti i vanrednim situacijama.

Implementacija veštačke inteligencije u sisteme laboratorijsko-dozimetrijske kontrole vode predstavlja neophodan evolutivni korak u modernizaciji jedinica i ustanovama ABHO i RHB CZ. U uslovima asimetričnog ratovanja i degradirane infrastrukture, AI algoritmi transformišu reaktivni model zaštite u proaktivni sistem rane detekcije i procene rizika. Poseban značaj ogleda se u postizanju pune interoperabilnosti, gde AI sistemi omogućavaju automatizovanu konverziju kompleksnih senzorskih podataka u standardizovane formate izveštavanja (shodno ATP-45 i važećim doktrinarnim dokumentima).

Na ovaj način se uklanja usko grlo u protoku informacija između taktičkih senzora i operativnih centara, omogućavajući formiranje jedinstvene operativne slike bojišta u realnom vremenu. Zaključno, integracija inteligentnih senzorskih mreža postaje imperativ savremene ABH odbrane, gde tehnološka superiornost u obradi podataka direktno determiniše brzinu reakcije i očuvanje borbene gotovosti sopstvenih snaga u uslovima primene NHB oružja i visok-toksične kontaminacije.

Ovaj rad konceptualno pripada grupi ex-ante istraživanja koja opisuju migraciono ponašanje stanovništva nakon prirodne nepogode, i razlikuje se od dizajna istraživanja u kome se informacije prikupljaju na osnovu stava ispitanika o potencijalnom događaju koji bi se mogao desiti u budućnosti. Nalazi ovakvih istraživanja su vredni u oba slučaja, bilo da su dominantno oblikovani kognitivnom percepcijom rizika događaja koji se samo pretpostavlja, ili pod uticajem emocije (brige) koja oblikuje adaptivno ponašanje stanovništva koje je katastrofu zaista i iskusilo.

Obe vrste istraživanja, čiji broj u naučnoj zajednici ubrzano raste, popunjavaju prazninu koja postoji u naučnom opusu društvenih nauka, a rezultati su dragoceni za javne politike: od bezbedonosnih, zdravstvenih i socijalnih do modela za upravljanje unutrašnjim migracijama. U radu se dominantno koristi demografska perspektiva, a u širem smislu se analizira način na koji se nepogode ukrštaju sa strukturama lokalnog stanovništva i način kako se pokreću različite vrste migracija.

Ranjivost na klimatske promene se može ograničiti uključivanjem procene rizika u šire razvojne strategije, koje će oblikovati održivije i klimatski otpornije trendove socioekonomskog razvoja.

Spajanjem prediktivne moći veštačke inteligencije i regenerativne snage permakulturnog dizajna dobija se hibridni model eko-bezbednosti. AI uspešno

obavlja funkciju skeniranja, analize i alarmiranja, dok permakultura pruža jeftinu, žilavu (*resilient*) i trenutno primenjivu metodologiju RHB zaštitu vode i naroda u uslovima asimetričnih ratnih pretnji i borbemih dejstava.

Dostavljamo na kraju precizno formulisane sažetke i ključne reči na tri jezika:

At the end, we provide precisely formulated summaries and keywords in three languages:

SRPSKI JEZIK

Sažetak: *U modernom ratovanju, tradicionalne metode laboratorijske i dozimetrijske analize vode često su ometene uništenom infrastrukturom i vremenskim ograničenjima. Ovaj rad istražuje integraciju veštačke inteligencije (AI) kao ključnog faktora za donošenje odluka u realnom vremenu unutar jedinica ABHO (atomsko-biološko-hemijske odbrane). Korišćenjem multimodalne fuzije podataka i prediktivnog modelovanja, AI sistemi omogućavaju brzu detekciju kompleksnih kontaminanata i hibridnih pretnji koje konvencionalni senzori često ne uspevaju da prepoznaju. Poseban naglasak je stavljen na interoperabilnost ovih sistema sa uspostavljenim standardima izveštavanja (kao što je ATP-45), čime se osigurava nesmetan protok podataka ka Zajedničkoj operativnoj slici (COP). Studija zaključuje da je prelazak AI sa reaktivnog na proaktivni model odbrane ključan za održavanje borbene spremnosti i opstanak snaga u uslovima asimetričnih sukoba.*

Ključne reči: *veštačka inteligencija, monitoring voda, ABHO odbrana, krizni menadžment, ATP-45, asimetrični sukobi, permakultura, eko-bezbednost.*

ENGLISKI JEZIK (ENGLISH)

Abstract: *In modern warfare, traditional methods of laboratory and dosimetric water analysis are often hindered by damaged infrastructure and time constraints. This paper explores the integration of Artificial Intelligence (AI) as a critical factor for real-time decision-making within CBRN (Chemical, Biological, Radiological, and Nuclear) defense units. By utilizing multimodal data fusion and predictive modeling, AI systems enable the rapid detection of complex contaminants and hybrid threats that often elude conventional sensors. Special emphasis is placed on the interoperability of these systems with established reporting standards (such as ATP-45), ensuring a seamless flow of data to the Common Operational Picture (COP). The study concludes that AI transition from a reactive to a proactive defense model is essential for maintaining force readiness and survival in asymmetric conflict environments.*

Keywords: *artificial intelligence, water monitoring, CBRN defense, crisis management, ATP-45, asymmetric conflicts, permaculture, eco-security.*

RUSKI JEZIK (РУССКИЙ)

Аннотация: *В современном ведении войны традиционные методы лабораторного и дозиметрического анализа воды часто затруднены из-за разрушенной инфраструктуры и нехватки времени. В данной работе*

исследуется интеграция искусственного интеллекта (ИИ) как ключевого фактора для принятия решений в режиме реального времени в подразделениях РХБЗ (радиационной, химической и биологической защиты). Использование мультимодальной интеграции данных и предиктивного моделирования позволяет системам ИИ оперативно обнаруживать комплексные загрязнители и гибридные угрозы, которые часто остаются незамеченными обычными датчиками. Особое внимание уделено оперативной совместимости этих систем с установленными стандартами отчетности (такими как АТР-45), что обеспечивает беспрепятственный поток данных в Единую оперативную картину (СОР). В исследовании сделан вывод о том, что переход ИИ от реактивной к проактивной модели обороны является критически важным для поддержания боеспособности и выживания войск в условиях асимметричных конфликтов.

Ключевые слова: искусственный интеллект, мониторинг вод, защита РХБЗ, кризис-менеджмент, АТР-45, асимметричные конфликты, пермакультура, эко-безопасность.

Literatura

1. Ayeb-Karlsson, S., Baldwin, A. W. & Kniveton, D. (2022). Who is the climate-induced trapped figure? WIREs Climate Change.
2. Andreu, J., A. Solera, J. Paredes: Decision Support Systems for Integrated Water Resources Planning and Management. De l'Institut d'Enginyeria de l'Aigua i el Medi Ambient de la Universitat Politècnica de València, 2003.
3. Bakić D., Gligorijević V. Migracija kao strategija adaptacije na klimatske promene,
4. Biočanin R. Biohemija, Univerzitet Privredna akademija Novi Sad, Novi Sad, 2014.
5. Biočanin R., Ketin S. Akcidenti u životnoj sredini, Internacionalni univerzitet Travnik, Travnik, 2019.
6. Biočanin R., Milentijević G. Na raskrsnici vremena, Evropski defendologija centar, 2024.
7. Biočanin R., Milikić M., Milentijević G. Veštačka inteligencija kao jedinstvo dobrog i zla u razrešavanju problema sutrašnjice, CESNA B, Beograd, 2025.
8. Biočanin R., Milikić M., Vasilijević J. Veštačka inteligencija kao jedinstvo dobrog i zla u razrešavanju problema sutrašnjice, Centar za strateška istraživanja nacionalne bezbednosti Beograd, 2025.

9. Carron J., Zagana E. and Fulp T.: Uncertainty Modeling in RiverWare. Proceedings of the ASCE Watershed Management 2000 Conference, Ft. Collins, CO., 2000.
10. CADWES: (Center for Advanced Decision Support for Water and Environmental Systems), RiverWare Overview, 2004.
11. Department of Water Resources: CALSIM: Water Resources Simulation Model. California Department of Water Resources: Bay-Delta Office, Sacramento, CA. 2004.
12. Dai T., Labadie J. W: River Basin Network Model for Integrated Water Quantity/Quality Mangement. Journal of Water Resources Planning and Management, 127(5):295-305, 2001.
13. Fedra K.: GIS and Simulation Models for Water Resources Management: A Case Study of the Kelantan River, Malaysia. GIS Development vol. 6/8, pp. 39-43, August, 2002.
14. Jovanic B. Zdravlje stanovništva Evrope i karakteristike nove zdravstvene politike, Univerzitet u Beogradu Ekonomski fakultet, Beograd, 2024.
15. Labadie J. W : ModSim-DSS: Water Resources and Water Rights Planning and Operations Decision Support System. Department of Civil Engineering, Colorado State University, 2004.
16. Labadie J. W. MODSIM: Decision Support System for Integrated River Basin Management . Documentation and User Manual, 2000.
17. Petrović J. (2022). Environment, Climate Change and Depopulation in Serbia. In: Human Development in Response to Demographic Change. Belgrade: UNDP.
18. Suvočarev K. Alokacija vode višenamenske akumulacije 'barje' korišćenjem modela MODSIM (Verzija ACQUANET), Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 2009.
19. Srđević B., Srđević Z. Studija mogućnosti unapređenja korišćenja RHS Nadela prema evropskim standardima, Poljoprivredni fakultet, Departman za uređenje voda Novi Sad, 2006.
20. Špijunović K. Biočanin R., S. Panic Expert evaluation of scientific projects and programs to protect the environment, XXXIV counseling with international participation " PROTECTING AIR 2006 ," 24-25. 01 2007. Belgrade.
21. Tepavac, D. N, (2016). Migrations of population as a consequence of ecological and environmental security violation, Vojno delo, 68(6), 83-99.