

ULOGA UMJETNE INTELIGENCIJE U OPTIMIZACIJI ENERGETSKOG SISTEMA U BOSNI I HERCEGOVINI / THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN OPTIMIZING THE ENERGY SYSTEM IN BOSNIA AND HERZEGOVINA

Dina Pašić, Sarajevo, 71000, pasic_dina@hotmail.com, +38761871877

Ema Pašić, Sarajevo, 71000, emapasic@hotmail.com, +38761860069

Izvorni naučni rad

Sažetak

U Bosni i Hercegovini, nedvojbeno postoji mnogo izazova po pitanju učinkovitog, održivog i isplativog korištenja energetske resursa, kao i upravljanja istim. U ovom radu istražuje i obrazlaže se na koji način bi primjenom umjetne inteligencije bilo moguće poboljšati performanse i optimizirati energetski sistem Bosne i Hercegovine. Skladno tome, govori se i o tome kako bi umjetna inteligencija mogla pomoći u energetske tranziciji Bosne i Hercegovine, što je svakako vrlo važno pitanje. Rad se bavi analizom stanja u kontekstu (ne)postojanja uloge umjetne inteligencije u optimizaciji energetskog sistema Bosne i Hercegovine trenutno. S obzirom na ustanovljeno stanje, kroz poglavlja rada nastojanja da se obrazlože svi aspekti gdje bi umjetna inteligencija mogla svrhovito služiti optimizaciji energetskog sistema pokazala su da postoje mogućnosti ogromne na tom polju. Naravno, bez obzira na te velike mogućnosti, postoji i niz ograničenja s kojima bi se bilo nužno suočiti prilikom primjene umjetne inteligencije na iskorak po pitanju energetske tranzicije. Sa svim potencijalima i ograničenjima, do kojih se došlo ovom analizom, kroz rad će se moći vidjeti kako, koliko i na koji način umjetna inteligencija može doprinijeti energetskom sistemu Bosne i Hercegovine.

Ključne riječi: *umjetna, inteligencija, energetski, sistem, tranzicija, Bosna i Hercegovina.*

Abstract

In Bosnia and Herzegovina, there are undoubtedly many challenges regarding the efficient, sustainable and cost-effective use of energy resources, as well as their management. This paper investigates and explains how the application of artificial intelligence could improve performance and optimize the energy system of Bosnia and Herzegovina. Accordingly, there is also talk about how artificial intelligence could help in the energy transition of Bosnia and Herzegovina, which is certainly a very important issue. The paper deals with the analysis of the situation in the context of the (non)existence of the role of artificial intelligence in the optimization of the energy system of Bosnia and Herzegovina at the moment. Considering the established situation, through the chapters of the work, efforts to explain all aspects where artificial intelligence could serve purpose in the optimization of the energy system showed that there are enormous possibilities in this field. Of course, regardless of these great possibilities, there are also a number of limitations that would have to be faced when applying artificial intelligence to a step forward in the energy transition. With all the potentials and limitations, which have been reached through this analysis, through the work it will be possible to see how, how much and in what way artificial intelligence can contribute to the energy system of Bosnia and Herzegovina.

Keywords: *artificial, intelligence, energy, system, transition, Bosnia and Herzegovina.*

1. UVOD

Dobro je poznato da je energetska sistem jedan od najkrucijalnih segmenata infrastrukture svake zemlje, pa je utoliko optimizacija tog sistema važna za postizanje efikasnog, održivog i ekonomičnog snabdijevanja energijom. Nije potrebno naglašavati da su rast i uključenost umjetne inteligencije u sve sfere života prisutniji nego ikada, ali se vrijedi zapitati kolika je njena zastupljenost u energetska sektoru Bosne i Hercegovine. Vrijedi se zapitati i da li ima ikakvu ulogu u smislu optimizacije energetska sistema i u kojoj mjeri umjetna inteligencija može doprinijeti energetska sektoru zemlje. S obzirom da će navedene problematike biti tematizirane u radu i da sa sobom otvaraju i niz drugih pitanja, ovaj rad nastojat će i na najpogodniji način valorizirati ulogu umjetne inteligencije unutar bosanskohercegovačkog energetska sistema.

Nadalje, problematizirat će se i primjene umjetne inteligencije u optimizaciji energetska sistema na primjeru Bosne i Hercegovine kroz analizu njene uloge i zastupljenosti trenutno, ali i metoda i tehnika koje bi se mogle koristiti u svrhu optimizacije. Bez obzira na benefite koje umjetna inteligencija može ponuditi energetska sistemu Bosne i Hercegovine, vrijedilo bi se pozabaviti i sa izazovima s kojim bi se na tom putu trebalo suočiti. To su svakako neka od primarnih istraživačkih pitanja ovoga rada.

Prilikom izrade ovoga rada korištene su metode deskripcije, analize, indukcije, komparacije, klasifikacije i specijalizacije. Prema vrsti materijala koji je konsultovan, ovdje se radi o teorijskom istraživanju, pa je s toga vrsta ovog istraživanja u tom segmentu deskriptivna. S obzirom na to da do sada nije nastao niti jedan rad koji se bavio ovom tematikom, ovaj pristup uskakanja u voz energetska tranzicije kroz primjenu umjetne inteligencije u optimizaciji energetska sistema Bosne i Hercegovine i akcentiranje važnosti i potencijala uloge umjetne inteligencije u tom kontekstu bi trebao biti poticaj za razmišljanje na konkretizaciju po tom pitanju.

2. UMJETNA INTELIGENCIJA I ENERGETSKA TRANZICIJA

Uzimajući u obzir trendove rastuće potrebe za energijom, konstantni rast populacije i eksponencijalni rast svijesti o klimatskim promjenama nije nimalo čudno da je energetska tranzicija sa svim svojim izazovima postala nešto sa čime bi se savremeno društvo svakako moralo suočiti. U borbi za održive i čiste izvore energije, na scenu je stupila umjetna inteligencija, kao vrlo moćan alat za optimizaciju, praćenje i kontrolu energetska sistema.

Umjetna inteligencija²⁴⁴ je interdisciplinarno polje koje podrazumijeva i uključuje dosta široko područje (Aslani i sar., 2023). S tim u vezi njeno precizno definiranje je usložnjeno²⁴⁵, a te razlike u njenom definiranju proizlaze iz divergentnih pristupa, teorija, podjela i primjena (Cheng-Tek Ta, 2020). Ako bi se prihvatila pojednostavljena definicija D. W. Pattersona, a koja može

²⁴⁴ Termin umjetna inteligencija (*artificial intelligence*) prvi put je upotrijebljen 1955. godine od strane poznatog računarskog naučnika Johna McCarthyja (Lee, 2013).

²⁴⁵ Jedna od osnovnih poteškoća u tom kontekstu se odnosi na pitanje poimanja „inteligencije“ kao takve. Tu je i diferencijacija između tzv. „jake“ i „slabe“ umjetne inteligencije s obzirom na to koje probleme mogu riješiti. Naravno tu su i ostale poteškoće poput onih koje se odnose na različito usmjerenje UI na specifične naučne discipline, itd.

odgovoriti osnovnom razumijevanju u kontekstu ovoga rada, moglo bi se reći da je umjetna inteligencija grana računarske nauke koja proučava i oblikuje računarske sisteme koji pokazuju neki oblik inteligencije. Ti sistemi mogu učiti, zaključivati, razumijevati, spoznavati i tumačiti složene vizualne scene, kao i obavljati različite vještine koje zahtijevaju tip inteligencije kakvu ima čovjek (Patterson, 1990).

U posljednje vrijeme, primjena umjetne inteligencije u kontekstu poboljšanja energetske sistema dobila je zamah. Pod terminom energetske sistemi, misli se na organizovanu infrastrukturu, odnosno sve sisteme kojima je potrebna energija za rad i funkcioniranje (Aslani i sar., 2023). Nedvojbeno je aktualizacija problematike šireg skupa promjena u obrascima korištenja energije u društvu, uključujući i resurse, prijenosnike, pretvarače i usluge, što je uklopljivo u koncepte energetske tranzicije (O'Connor, 2010). Kao takva, energetska tranzicija označava napuštanje ranije ustaljenog procesa iskorištavanja tradicionalnih izvora energije i prestrukturiranje na obnovljive izvore energije (Jurić, 2021). Dakle, prelaz energije više nije ograničen na postepene korake, nego postaje transformacijski napor u kojem dolazi do potpune revizije ranijeg sistema i koji uključuje brže povećanje i korištenje svih tehnologija za različite inovacije u budućnosti (Theme report on energy transition: Towards the achievement of SDG 7 and net-zero emissions, 2021). Umjetna inteligencija smatra se jednim od pokretača industrije 4.0²⁴⁶ (pojma koji se veže za četvrtu industrijsku revoluciju), dok je energetska tranzicija upravo omogućena industrijom 4.0 i predviđa proces čiji dosezi će imati ogroman utjecaj (Gelo, 2018). Konceptualno, umjetna inteligencija i energetska tranzicija sve više postaju konstruktanti savremenog svijeta.

Primjena umjetne inteligencije usko je vezana uz energetske tranziciju iz razloga što nudi savremene metode i tehnike za optimizaciju i upravljanje energetskim sistemima. Svakako, značajni benefiti njene primjene su i prediktivne analize. One pomažu na polju učinkovitosti sistema, smanjenju emisija stakleničkih gasova te uključivanju obnovljivih energetskih izvora. Algoritmi koje koristi umjetna inteligencija, omogućavaju također detekciju relacija u potražnji energije, optimizaciji distribucije, ali i kod rukovanja opterećenjem mreže. Istovremeno doprinosi i efikasnom praćenju i upravljanju sistemima u stvarnom vremenu osiguravajući veću sigurnost i pouzdanost energetskih infrastruktura. Dakle, jasno je da tehnologije utemeljene na umjetnoj inteligenciji mogu itekako koristiti pri modeliranju, predikcijama i optimizaciji energetskih sistema (Skrobek i sar, 2023), što su ujedno i primarni fokusi primjene umjetne inteligencije kada je riječ o oblasti energetskog sektora (Višković, Franki, Jevtić, 2022). Primjena umjetne inteligencija zaista daje niz novih funkcionalnosti, osigurava novi pristup te efikasnije i jednostavnije upravljanje energetskim sistemima (Harnessing Artificial Intelligence to Accelerate the Energy Transition, 2021). Njena primjena, pogotovo u kontekstu Bosne i Hercegovine, gdje, istina, energetske sistem i nije baš okrenut ka savremenim rješenjima bi ponudila ogromnu perspektivu te bi unaprijedila energetske sektor općenito. U konačnici, inkorporacija umjetne inteligencije u energetske sistem znači primjenu različitih tehnologija, metoda i tehnika. Pri tome bi selekcija tehnologija, metoda i tehnika morala biti studiozna kako bi utjecala na poboljšanje kompletnog energetskog sektora što bi omogućilo istovremeno transformaciju ranijih sistema i potpomoglo energetske tranziciju.

²⁴⁶ Četvrta industrijska revolucija ili industrija 4.0 inicirana je 2011. godine od strane Njemačke. Iz tehnološke perspektive karakteristična je po izrazito modernoj i sofisticiranoj tehnologiji, automatizaciji. (Crnčić, 2020)

3. PRIMJENA UMJETNE INTELIGENCIJE ZA OPTIMIZACIJU ENERGETSKOG SISTEMA BOSNE I HERCEGOVINE

Sasvim je jasno da je uloga umjetne inteligencije u optimizaciji energetskog sistema sve više priznata upravo jer zahvaljujući naprednim metodama i tehnikama može obezbijediti optimizaciju u stvarnom vremenu. S obzirom na to da je trenutna uloga umjetne inteligencije u kontekstu optimizacije energetskog sistema Bosne i Hercegovine gotovo nepostojeća, vrijedilo bi ispitati sa kojih aspekata bi implementacija umjetne inteligencije mogla pomoći razvoju sektora, ali i doprinijeti optimizaciji energetskog sistema, te bi vrijedilo istražiti sfere i mogućnosti njene primjene.

Bosna i Hercegovina proizvodnju energije dobiva iz raznolikih izvora (Centar za Politike i Upravljanje, 2010) a dominantno iz termoelektrana, hidroelektrana i vjetroelektrana. Ako se uzme u obzir da se čak 70% proizvodnje električne energije u Bosni i Hercegovini bazira na sagorijevanju uglja (Kurjaković, 2021), jasno je da bi se trebalo djelovati po pitanju prelaska na održivije alternative, povećanja energetske efikasnosti i povećanja upotrebe obnovljivih izvora energije.²⁴⁷ Naravno, postoji niz metoda i tehnika umjetne inteligencije koji bi bili korisni za optimizaciju energetskog sistema Bosne i Hercegovine. Ipak, s obzirom na specifičnost i kompleksnost samog sistema, nužne bi bile određene modifikacije i prilagođavanja.

Mašinsko učenje je jedna od najzastupljenijih metoda umjetne inteligencije (Vulin, 2020). Zahvaljujući mašinskom učenjem omogućena bi bila analiza velikog broja podataka. Klasifikacija mašinskog učenja prema tipu (nenadzirano učenje, nadzirano učenje i podržano učenje (Sah, 2020; Tiwari, 2018), obezbijedila bi otkrivanje optimalnih obrazaca potrošnje energije, potencijalnih problema i prilagođavanje strategija upravljanja (Forootan i sar., 2022; Bernadić, Kujundžić, Primorac, 2022). Time bi se mogao postići značajan pomak u kontekstu optimizacije energetskog sistema Bosne i Hercegovine.

Dakle, umjetna inteligencija identificira obrasce, trendove i anomalije u podacima što doprinosi informisanom donošenju odluka po pitanju energetske efikasnosti (Danish, 2023). Također, duboko učenje kao tehnika mašinskog učenja utemeljena na neuronskim mrežama omogućava adaptacije i prilagođavanja promjenjivim uslovima u energetskom sistemu. Duboko učenje u sklopu mašinskog učenja koristi složene neuronske mreže s više slojeva kako bi se mogao postići visok nivo apstraktnog razumijevanja energetskih podataka (Forootan i sar., 2022). To omogućava umjetnoj inteligenciji da identifikuje kompleksne obrasce i donese odluke u stvarnom vremenu. Odnosno, neuronske mreže mogu se koristiti za rješavanje problema poput optimizacije mreže prijenosa električne energije, predviđanje kvarova, održavanje energetskih postrojenja kao i optimizacije rada obnovljivih izvora energije (Skrobek i sar., 2023, Ahmad i sar., 2022). Zahvaljujući „učanju“ složenih obrazaca iz prošlosti te generiranja preciznih prognoza jasno je koliko mogu koristiti optimizaciji rada energetskog sistema Bosne i Hercegovine.

Umjetna inteligencija uz pomoć različitih tehnika analize podataka (npr. klsterske analize, regresijske analize i sl.) (Forootan i sar., 2022) može otkriti važne uvide o energetici zemlje. Takav velik broj raspoloživih podataka koristan je i zbog pregleda potrošnje i potrebe za energijom, ali i

²⁴⁷ To bi naravno dovelo i do dekarbonizacije, a samim time i smanjenja stakleničkih gasova.

za optimizaciju raspodjele resursa (Makala i Bakovic, 2020). Razvoj algoritama zasnovanih na mašinskom učenju²⁴⁸ u kontekstu optimizacije energetskog sistema mogu biti korisni za analizu drugih podataka u kontekstu upravljanja energetskim sistemima (Moreno, Timms, Wildberger, 2019). Recimo, genetski algoritmi koriste se kao optimizacijski alati u mašinskom učenju (Putnik, 2022), i kao takvi koriste prirodnu selekciju i evolucijske principe za optimizaciju energetskih parametara. Genetski algoritmi mogu biti korišteni za rješavanje optimizacijskih problema putem opetovanog procesa evolucije (Droždjek, 2015). Odnosno, oni se mogu primijeniti za optimizaciju raspodjele energije i odabir najboljih kombinacija izvora energije, kao i optimizaciju radnih parametara (Dehghani i sar., 2020).

Metode umjetne inteligencije inspirisane prirodom također su vrlo važne kada je riječ o optimizaciji energetskog sistema u Bosni i Hercegovini (Višković, Franki, Jevtić, 2022). Tehnika umjetne inteligencije koja bi također mogla doprinijeti optimizaciji energetskog sistema je optimizacija rojem čestica. Algoritam optimizacije rojem čestica može se odlično primijeniti na optimizaciju podjele opterećenja, pronalazak optimalne proizvodnje energije iz različitih izvora ali i na pronalaženje najbolje lokacije za postavljanje novih energetskih postrojenja (Renuka, Reji, Sreedharan, 2018). Jednako tako u ovom kontekstu korisna tehnika je optimizacija kolonijom mrava, koja bi ponajviše mogla doprinijeti u kontekstu upravljanja proizvodnjom energije (Suhane, Rangnekar, Mittal, 2014). Ova metaheuristička tehnika može pružiti odlične odgovore na izazove sa kombinatornim problemima koji se često dešavaju u energetskim sistemima kakav je u Bosni i Hercegovini. Odnosno može optimizirati raspored i upravljanje proizvodnjom energije iz različitih izvora, zatim rasporediti resurse na najoptimalniji način, a istovremeno omogućava paralelizaciju (Stützle, 1998). Paralelna obrada bi sigurno bila potrebna jer kod energetskog sistema Bosne i Hercegovine postoji veliki broj elemenata koji se trebaju optimizovati. Ova tehnika bi doprinijela minimizaciji troškova, potencijalnih preopterećenja i gubitaka. Još jedna tehnika, slično kao prethodne dvije tehnike nazvana tehnika optimizacije kolonijom pčela može doprinijeti rješavanju optimizacijskih problema (Kiran, Babalik, 2014) poput raspoređivanja proizvodnih kapaciteta, upotrebe obnovljivih izvora energije, pitanja opterećenja mreže i manipulacije energetskim rezervama (Ullah i sar., 2022).

Metaheurističke metode poput metode simuliranog kaljenja mogu se primijeniti na različite vrste problema u energetskom sektoru (Palčić, 2018). Koristeći heuristički algoritam inspirisan prirodnim procesima (slično kao kod prethodno navedenih tehnika) ova metoda umjetne inteligencije rješava složene optimizacijske probleme. Tako recimo može poslužiti za optimizaciju velikih sistema distribuirane proizvodnje energije s obzirom na kombinacije različitih izvora energije i optimizaciju njihovog udjela, također može pomoći kod optimizacije konfiguracije mreže elektroenergetskog sistema uzimajući u obzir kapacitete i troškove energije te sigurnost napajanja (El-salam, Beshr, Eteiba, 2018).

Jasno je da različite metode umjetne inteligencije zaista mogu koristiti u optimizaciji energetskog sistema Bosne i Hercegovine. Također postoje i hibridne metode (Gutiérrez, Hervás-Martínez, 2011), koje kombinovanjem više tehnika umjetne inteligencije postižu bolju optimizaciju energetskog sistema. Korištenjem njih, moguće je npr. kombinovati neuronske mreže

²⁴⁸ Mašinsko učenje je grana umjetne inteligencije koja je fokusirana na razvoj algoritama koji mogu automatski „učiti“ iz podataka i ta znanja onda implicirati za izvršavanje nekih zadataka ili donošenje odluka.

i genetske algoritme u cilju razvoja sistema za predviđanje određenih segmenata koji su važni za energetske sistem. Na prvom mjestu svakako je predviđanje potražnje energije, te optimizacija energetske raspodjele. Generalno, hibridne metode koje kombinuju više tehnika umjetne inteligencije pružaju značajne koristi, od fleksibilnost do preciznosti optimizacije proizvodnje energije. Isto tako treba naglasiti da odabir algoritama zavisi od niza zahtjeva i ciljeva optimizacije (Skrobek i sar., 2023), ali i dostupnosti podataka i resursa sa kojim se raspolaže. U suštini, svim navedenim metodama i tehnikama, odnosno njihovim algoritmima vrši se simulacija procesa zbog pronalaženja najbolje solucije za optimizacijske probleme u energetskekom sistemu.

3.1. Predviđanje potrošnje i proizvodnje energije

U Bosni i Hercegovini s obzirom na postojeće stanje energetske sistema, umjetna inteligencija bi definitivno odigrala ključnu ulogu u optimizaciji energetske sistema. Pogotovo s obzirom na to da su metode umjetne inteligencije najčešće primjenjivane u kontekstu predviđanja u svrhu optimizacije (Makala i Bakovic, 2020). Potrošnja energije i njena proizvodnja zavise od niza faktora. To su vremenske prilike, doba dana, godišnje doba, te ekonomske, demografske i slične prilike.

Isto tako, potrošnja i proizvodnja energije svode se na vremenski niz. Vremenski niz je pogodan za testiranje različitih metoda, npr. neuronskih mreža i Kohenenovih mreža (Skrobek i sar., 2023). Sakupljanjem i integracijom velikog broja podataka mogu se izgraditi sofisticirani modeli za precizna predviđanja buduće potrošnje. Istovremeno bilo bi moguće koristiti iste ili slične tehnike za predviđanje proizvodnje energije iz obnovljivih izvora, što je pogotovo poticajno u kontekstu prestrukturiranja energetske sistema u tranzicijske tokove. Metode umjetne inteligencije mogu se primijeniti za očitavanje i kontrolu parametara okoliša. Metode tada sistemu omogućavaju da brzo prepozna i reaguje na dinamičke promjene u okruženju. Predviđanja što se tiče potražnje energije ili bilo kakve predikcije u tom kontekstu važne su zbog njene proizvodnje, prodaje i potrošnje. Također, predviđanja i predikcije su bitne budući da se energija ne može učinkovito skladištiti, odnosno u zatvorenim sistemima proizvedena energija mora biti uravnotežena s utrošenom. Paralelno s tim, količina proizvedene energije ne može se promijeniti, pa se mora održavati višak. Što je višak manji, ušteda je veća (Skrobek i sar., 2023). Svakako, predviđanja bi značajno omogućila optimizaciju distribucije energije i planiranje resursa što bi definitivno stvorilo funkcionalniji, održiviji i isplativiji energetske sistem u Bosni i Hercegovini.

3.2. Upravljanje pametnim mrežama, potrošačkim uređajima i sistemima putem umjetne inteligencije

Primjena umjetne inteligencije pri upravljanju pametnim mrežama, potrošačkim uređajima i sistemima otvara razne mogućnosti za optimizaciju energetske sistema, a ujedno i osiguravanja veće energetske funkcionalnosti. Svakako, pametne mreže su ključna komponenta kada je u pitanju modernizacija energetske sektora (Jelčić i Ravlić, 2022). Iako su neke sitnije i nedovoljne implementacije u toku, u Bosni i Hercegovini bi se trebao dogoditi snažniji zaokret ka sistemu pametne mreže (Bećirović i sar., 2014). Uvođenjem pametnih mreža kojim bi upravljala umjetna

inteligencija bilo bi omogućeno brzo i efikasno donošenje odluka temeljenih na analizi velike količine podataka. Umjetna inteligencija bi mogla veoma brzo detektovati i riješiti probleme u mreži u realnom vremenu, smanjiti prekide u opskrbi energijom, povećati pouzdanost distribucijskog sistema, kao i reducirati iskoristivost (Jelčić i Ravlić, 2022; Omitaomu i Niu, 2021).

Što se tiče potrošačkih uređaja, umjetna inteligencija može osigurati pametno kontrolisanje i upravljanje. Integracija umjetne inteligencije u potrošačke uređaje osigurala bi automatizirano upravljanje njihovom potrošnjom energije. (Salam, 2020). Analizom podataka o potrošnji, umjetna inteligencija može preporučiti mjere za njihovo smanjenje. Takav pristup bi naravno poticao energetske svijest kod potrošača i doprinio bi smanjenju ukupne potrošnje energije (Jiao, 2020).

Upravljanje sistemima pomoću umjetne inteligencije daje mogućnosti automatiziranog praćenja, analize i optimizacije energetskog sistema. Moguće je isto tako integrisati obnovljive izvore energije u postojeći energetski sistem (Harnessing Artificial Intelligence to Accelerate the Energy Transition, 2021). Time se ne bi izvršile temeljne i radikalne promjene odjednom. Njih svakako energetski sistem Bosne i Hercegovine ne bi ni podržao kao takve, već bi poduzimanje postepenih koraka ukazalo na niz benefita i potencijala, što bi svakako pomoglo za buduće razmatranje i eventualnu integraciju naprednih algoritama umjetne inteligencije u postojeći sistem. Umjetna inteligencija može pružiti i precizne prognoze o proizvodnji iz obnovljivih izvora, time se osigurava bolje planiranje i integracija u mrežu (Jelčić i Ravlić, 2022; Jelčić, 2021). Svi navedeni primjeri ukazuju na to da su upravljanje pametnim mrežama, potrošačkim uređajima i sistemima putem umjetne inteligencije ključne komponente u optimizaciji energetskog sistema Bosne i Hercegovine. Dakle, osigurala bi se brojne prednosti u kontekstu energetske efikasnosti, pouzdanosti i održivosti. Upravo zbog toga bi uloga umjetne inteligencije u energetskom sektoru Bosne i Hercegovine bila od neizmjerne važnosti.

4. IZAZOVI PRIMJENE UMJETNE INTELIGENCIJE U ENERGETSKOM SISTEMU BOSNE I HERCEGOVINE

Uz navedene prednosti i potencijale primjene umjetne inteligencije u optimizaciji energetskog sistema u Bosni i Hercegovini, nužno je znati da postoje brojni izazovi po tom pitanju. Te izazove moguće je klasificirati u nekoliko sekcija, od kojih u Bosni i Hercegovini zasigurno prednjače oni ekonomske, tehnološke, političke, etičke, pravne i organizacione prirode (Dwivedi i sar., 2019). Energetski sektor Bosne i Hercegovine je kompleksan, što dalje usložnjava prirodu izazova, ali i otvara niz drugih problematičnih pitanja u okviru njih. Ti izazovi su najupečatljiviji u pogledu postojanja i stvaranja preduslova za uspješnu implementaciju umjetne inteligencije u energetski sistem Bosne i Hercegovine. U prvom redu po tom pitanju su nekonzistentni podaci, zatim neadekvatna oprema za nadzor i kontrolu, nekompetentna radna snaga, loše raspolaganje sa finansijama, pitanje sigurnosti sistema, regulacioni limiti.

U kontekstu primjene umjetne inteligencije i njene integracije u cilju optimizacije rada energetskog sistema, ključan temelj predstavljaju podaci, čija se važnost ogleda i u aktivnosti održavanja energetskog sistema (Višković, Franki, Jevtić, 2022). Međutim, glavni problem u Bosni i Hercegovini bio bi proces stvaranja velikih skupova podataka koji bi se dalje mogli koristiti. Pored problema sakupljanja velikog broja podataka, njihovog korištenja i digitaliziranja,

nužno bi bilo i korištenje ispravne identifikacije podataka koje bi algoritmi umjetne inteligencije vršili. S tim u vezi, integracija umjetne inteligencije u energetske sistem Bosne i Hercegovine zahtijevala bi dostupnost podataka o potrošačima. To bi isto tako moglo izazvati zabrinutost u pogledu privatnosti korisnika. Ovakvi poduhvati zahtijevaju također stručan i kvalifikovan kadar, te dobar sistem obrazovanja i obuke zaposlenih, a to je velik korak u odnosu na trenutno stanje. Bosansko-hercegovački energetske sistem suočava se i s izazovom nedovoljno dobrog protoka energije kroz uređaje i opremu, budući da je ona zastarjela, pa tako optimiziranje rada energetskog sistema iz podatkovnog, prelazi i u infrastrukturni problem. Rješenje za ovaj izazov svakako bi se moglo pronaći kroz implementaciju savremene opreme koja ima sposobnost praćenja i upravljanja lanca opskrbe energijom. Ukoliko bi se poradilo na pitanju obrade podataka, opremi i uređajima, bilo bi potrebno osigurati i veliku računarsku snagu, koja iziskuje dosta utrošaka i sredstava, što se opet čini kao jedan od većih izazova kada je u pitanju implementacija umjetne inteligencije u bosansko-hercegovački energetske sistem (Višković, Franki, Jevtić, 2022). Zadnjih godina u svijetu su u porastu napadi na energetske mreže (Makala i Baković, 2020), pa je sigurnost energetskog sistema bitna tačka o kojoj se treba razmišljati. Složenosti energetskog sistema ovog područja zahtijeva isto tako i politička i etička rješenja. Trebao bi se naći zadovoljavajuće rješenje između regulativnih normi i metoda i tehnika umjetne inteligencije, ne zanemarujući zakone te poštivajući etička načela (Etičke smjernice za pouzdanu umjetnu inteligenciju, 2019).

Kako bi došlo do uspješne implementacije umjetne inteligencije u energetske sistem Bosne i Hercegovine nužno bi bilo da se poradi na identifikovanim izazovima. Primjena metoda i tehnika umjetne inteligencije mogla bi u značajnoj mjeri optimizirati energetske sistem Bosne i Hercegovine, te ostvariti bolju učinkovitost i održivost. Kako to lančano ide, povećanje efikasnosti energetskog sistema vodilo bi dalje i utjecalo na prosperitet privrede cijele zemlje. Imajući u vidu navedene izazove, proces implementacije umjetne inteligencije nije moguće izvršiti tek tako, već zahtijeva sistematičan i stručan razvojni put.

5. ZAKLJUČAK

Energetski sektor Bosne i Hercegovine mogao bi uz određene intervencije biti izuzetno pogodan za integraciju umjetne inteligencije, a njeno korištenje ne samo da bi otvorilo mnoge mogućnosti u optimizaciji sistema, već bi se time posljedično mogla potpomoći energetska tranzicija zemlje. Nadalje, to bi značilo efikasniji, održiviji i ekonomičniji energetske sektor Bosne i Hercegovine.

Ipak, put do ostvarenja takvih ciljeva nije bez izazova. Kao što je prezentirano na zadnjim stranicama rada, proces uvođenja umjetne inteligencije u energetske sektor, a onda i njena primjena za optimizaciju energetskog sistema Bosne i Hercegovine zahtijeva suočavanje sa problemima različite prirode. Proces uvođenja iziskuje studiozno planiranje, ogromne resurse, usklađena etička i politička pitanja, te edukovan stručni kadar koji bi mogao odgovoriti svim izazovima takvog poduhvata. Bez obzira na ograničenja i izazove različite prirode, implementacija metoda i tehnika umjetne inteligencije sa svim svojim potencijalima, mogla bi imati ogromnu ulogu u optimizaciji energetskog sektora Bosne i Hercegovine i značila bi dugoročne i regionalno važne promjene. Dakle, iako umjetna inteligencija trenutno nema nikakvu ulogu u optimizaciji energetskog sistema Bosne i Hercegovine, to ne znači da se svi njeni potencijali ne bi mogli iskoristiti u tu svrhu.

LITERATURA

- [1] Ahmad et al. (2022), „Energetics Systems and artificial intelligence: Applications of industry 4.0“, Energy Reports; 8, 334 – 361.
- [2] Aslani et al. (2023), „Artificial intelligence and machine learning in energy systems: A bibliographic perspective“, Energy Strategy Reviews; 8, 45, 1 – 18.
- [3] Bećirović et al. (2014), “Smart Grid Implementation in Electricity Distribution of Elektroprivreda B&H – Dequirements and Objectives”, Balkan Journal of Electrical & Computer Engineering; 3, 2, 100 – 103.
- [4] Bernadić, A, (2022), „Duboko i podržano učenje i metode računalnog vida u elektroenergetskom sustavu – praktični primjeri u Python ekosustavu“, Umjetna inteligencija u Bosni i Hercegovini; 2022, 141 – 157.
- [5] Bernadić, Kujundžić i Pimorac, (2022), „Primjena algoritma podržanog učenja u upravljanju elektroenergetskog sustava“, 3. savjetovanje BH K/O CIRED; SK/S03-3e, 1 – 9.
- [6] Cheng-Tek Ta, M, (2020), „The impact of artificial intelligence on human society and bioethics“, Tzu Chi Medical Journal; 4, 32, 339 – 343.
- [7] Crnčić, S, (2020), Umjetna inteligencija u poslovanju, Varaždin: Sveučilište Sjever, diplomski rad.
- [8] Danish, M. S. S, (2023), “AI in Energy, Overcoming Unforeseen Obstacles”, AI 2023; 4, 2, 406 – 425.
- [9] Dehghani, et al. (2020), „Genetic Algorithm for Energy Commitment in a Power System Supplied by Multiple Energy Carriers“, Sustainability; 12, 23, 1 – 23.
- [10] Droždjek, T, (2015), Genetski algoritmi i primjene, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, diplomski rad.
- [11] Dwivedi et al. (2019), „Artificial Intelligence (AI): Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy“, International Journal of Information Management; 57, 2 – 47.
- [12] El-salam, M, Beshr, E, Eteiba, M, (2018), „A New Hybrid Technique for Minimizing Power Losses in a Distribution System by Optimal Sizing and Siting of Distributed Generators with Network Reconfiguration“, Energies 2018; 11, 12, 1 – 26.
- [13] Forootan, et al. (2022), “Machine Learning and Deep Learning in Energy Systems: a Review”, Sustainability; 14, 8, 4832, 1 – 49.
- [14] Gelo, T, (2018), „Energetska tranzicija i novi modeli energetskog tržišta“, Znanstveni skup Modeli razvoja hrvatskog gospodarstva; 2018, 395 – 425.
- [15] Gutiérrez i Hervás-Martínez, (2011), „Hybrid Artificial Neural Networks: Models, Algorithms and Data“, Conference: Advances in Computational Intelligence – 11th International Work-Conference on Artificial Neural Networks; 177 – 184.
- [16] Jelčić i Ravlić, (2022), „Pametne mreže – primjena umjetne inteligencije u elektroenergetskom sustavu“, Umjetna inteligencija u Bosni i Hercegovini; 2022, 158 – 165.
- [17] Jelčić, L, (2021), Primjena umjetne inteligencije u elektroenergetskom sustavu, Zagreb; Sveučilište u Zagrebu, diplomski rad.
- [18] Jiao, J, (2020), „Application and prospect of artificial intelligence in smart grid“, Earth and Environmental Science; 1, 510, 1 – 6.

- [19] Jurić, I, (2021), Energetska tranzicija na obnovljive izvore u posljednjih 10 godina s posebnim osvrtom na geotermalnu energiju, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, diplomski rad.
- [20] Kiran, M, Babalik, A, (2014), „Improved Artificial Bee Colony Algorithm for Continuous Optimization Problems“, Journal of Computer and Communications; 2, 108 – 116.
- [21] Kurjaković, H, (2021), „Aktuelna vanjska politika: EU realnost i bh. Snovi – (deklarativna) dekarbonizacija energetskog sektora u Bosni i Hercegovini“, Vanjskopolitička inicijativa BH; 1 – 4.
- [22] Lee, N, (2013), Counter Terrorism and Cyber Security, New York: Springer.
- [23] Makala i Bakovic, (2020), „Artificial Intelligence in the Power Sector“, EMCompass; 81, 1 – 7.
- [24] Moreno, J. B, Timms, M, Wildberger, K, (2019), How Artificial Intelligence is accelerating the Energy Transition: An overview of AI activities at E.ON, Essen/Berlin: E.ON SE/BDEW.
- [25] O'Connor, P, (2010), Energy Transitions, Boston: Boston University.
- [26] Omitaomu i Niu, (2021), “Artificial Intelligence Techniques in Smart Grid: A Survey”, Smart Cities; 4, 548 – 568.
- [27] Palčić, H, (2018), Primjena metoda optimizacije u elektroenergetskom sustavu, Osijek: Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, diplomski rad.
- [28] Patterson, D, (1990), Introduction to Artificial Intelligence and Expert Systems, New Jersey: Prentice-Hall International.
- [29] Putnik, M, (2022), Primjer primjene umjetne inteligencije, Slavonski Brod: Sveučilište u Slavonskom Brodu, diplomski rad.
- [30] Renuka, T, Reji, P, Sreedharan, S, (2018), „An enhanced particle swarm optimization algorithm for improving the renewable energy penetration and small signal stability in power system“, Renewables: Wind, Water and Solar; 5, 6, 1 – 17.
- [31] Sah, S, (2020), “Machine Learning: A Review of Learning Types”, Preprints.org; 2020070230, 1 – 7.
- [32] Salam, A, (2020), „Internet of Things in Sustainable Energy Systems“, Faculty Publications; 28, 183 – 218.
- [33] Skrobek et al. (2023), “Artificial Intelligence for Energy Processes and Systems: Application and Perspectives”, Energies; 16, 8, 3441, 1 – 12.
- [34] Stützle, T, (1998), „Parallelization strategies for Ant Colony Optimization“, 5th International Conference on Parallel Problem Solving from Nature; 1498, 722 – 731.
- [35] Suhane, P, Rangnekar, S, Mittal, A, (2014), „Optimal Sizing of Hybrid Energy System using Ant Colony Optimization“, International Journal of Renewable Energy Research; 3, 4, 683 – 688.
- [36] Tiwari, S, (2018), „How Artificial Intelligence, Machine Learning and Deep Learning are Radically Different“, International Journals of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering; 2, 8, 1 – 9.
- [37] Ullah, K, et al. (2022), „Optimal Power Sharing in Microgrids Using the Artificial Bee Colony Algorithm“, Energies 2022; 3, 15, 1 – 22.

- [38] Višković, Franki i Jevtić, (2022), „Artificial intelligence as a facilitator of the energy transition“, 45th Jubilee International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO); 494 – 499.
- [39] Vulin, M, (2020), Umjetne neuronske mreže kao metoda umjetne inteligencije, Varaždin: Sveučilište u Zagrebu, završni rad.

INTERNET IZVORI

- [40] World Economic Forum (2021) Harnessing Artificial Intelligence to Accelerate the Energy Transition, <https://www3.weforum.org/docs/WEF_Harnessing_AI_to_accelerate_the_Energy_Transition_2021.pdf>, pristupljeno 25.05.2023.
- [41] Theme report on energy transition: Towards the achievement of SDG 7 and net-zero emissions (2021), High-level dialogue on Energy, <https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/2021-twg_2-062321.pdf>, pristupljeno 26.05.2023.
- [42] Centar za Politike i Upravljanje (2010) Izvještaj o politika energetskog sektora u Bosni i Hercegovini, <<https://www.cpu.org.ba/media/8267/Izvještaj-o-politikama-energetskog-sektora-u-Bosni-i-Hercegovini.pdf>>, pristupljeno 27.05.2023.
- [43] Publication Office of the European Union (2019) Etičke smjernice za pouzdanu umjetnu inteligenciju, <<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d3988569-0434-11ea-8c1f-01aa75ed71a1/language-hr/format-PDF>>, pristupljeno 25.05.2023.