

Može li veštačka inteligencija da doprinese pravednoj energetskej tranziciji?

Miroslav Parović

Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet Novi Sad

Rezime - Nivo pravednosti energetske tranzicije dominantno zavisi od izbalansiranosti energetske trileme u posmatranoj državi. Veštačka inteligencija (AI) i mašinsko učenje imaju potencijal da unaprede ukupne performanse energetskeg sistema. Prednost ovih tehnologija je što se mogu primeniti u sektorima proizvodnje i potrošnje energije čime se može maksimizovati energetska efikasnost i time smanjiti nivo potrošnje primarne energije. Isto tako, AI se može koristiti za povećanje nivoa fleksibilnosti elektroenergetskog sistema čime se omogućava veće uključivanje obnovljivih izvora. Sve ovo utiče na smanjenje emisija što predstavlja jednu od najvažnijih normi u dostizanju ciljeva dekarbonizacije ekonomije. Pored navedenog, AI može da se koristi kako bi se poboljšala pouzdanost rada energetskeg sistema i smanjili ukupni troškovi njihove eksploatacije.

Naravno, postoje i značajna ograničenja u primeni veštačke inteligencije. Pre svega, trenutno se ima dosta veliki problem sa adekvatnom radnom snagom potreban za dalji razvoj što pravi određeni „čep“ u primeni u energetskej sektoru. Takođe, potrošnja električne energije AI nije zanemarljiva što potencijalno predstavlja dodatno opterećenje za proizvodne kapacitete.

Cilj istraživanja je da se napravi pregled dosadašnjih primena AI u sektoru energetike i da se na konkretnim primerima da kritički osvrt o uticaju na energetske pravdu. U samom radu biće korišćena i komunikacija sa javno dostupnim alatom baziranim na veštačkoj inteligenciji, ChatGPT, kako bi se došlo do određenog seta informacija o temi koja se istražuje. Na ovaj način će AI biti direktno uključena u istraživanje na način da će u ChatGPT biti postavljen set konkretnih pitanja vezanih za temu koja se obrađuje, a dobijeni odgovori biće sastavni deo rada.

Ključne reči - energetska pravda, veštačka inteligencija (AI), energetska tranzicija

I UVOD

Unajširem kontekstu posmatrano pod veštačkom inteligencijom (AI, engl. *Artificial intelligence*) se podrazumeva bilo koji računarski sistem koji na neki način oponaša prirodnu inteligenciju, a sa ciljem izvršavanja određenih zadataka. AI se ne može posmatrati kao jedinstvena tehnologija ili proizvod, već je tu reč o širokom skupu tehnika, matematičkih modela i algoritama sa sposobnošću rada sa velikim brojem podataka, identifikacijom obrazaca u ponašanju i mogućnošću predviđanja verovatnoće određenih ishoda složenih situacija. Osnovna podela veštačke inteligencije je na dva tipa:

- sistemi zasnovani na pravilima,

- sistemi koji uče (ova grupa obuhvata oblast mašinskog učenja).

Sisteme bazirane na veštačkoj inteligenciji ne treba mešati sa automatizovanim sistemima, jer iako postoji povezanost, ipak suštinska razlika je u tome što automatizovani sistemi rade zadatke koji se ponavljaju prateći programski kod i skup pravila koja su na taj način definisana. Sa druge strane AI na bazi stalne obrade velikog skupa podataka identifikuje određene obrasce i na taj način modifikuje radne procese, odnosno praktično kroz predašnje iskustvo uči kako da radi tačnije i efikasnije. Može se reći da je koncept AI sveobuhvatan i da predstavlja logičan nastavak razvoja i nadogradnja oblasti informacionih tehnologija (IT) i automatizacije. Imajući u vidu da je IT već zauzeo značajno mesto u savremenom konceptu energetske tranzicije koji prati matricu 4D (dekarbonizacija, decentralizacija, digitalizacija i demokratizacija) [1], logično je da i AI bude sve više korišćena u cilju dostizanja postavljenih ciljeva.

Ono što je trenutno problem upotrebe veštačke inteligencije u bilo kojoj oblasti, pa i u energetskej sektoru, jeste to što još uvek traju diskusije o uticaju koji ova tehnologija nosi na društvo u celini. Sa jedne strane postoji predstava kako je AI svojevrsni čarobni štapić koji će rešiti sve probleme u brojnim oblastima i time doneti velike koristi, dok druga krajnost ide u pravcu osuđivanja ove tehnologije kao previše rizične jer eliminiše direktan uticaj ljudi na niz važnih procesa donošenja odluka i potencijalno može da dovede do smanjenja potrebe za radnom snagom. Dosadašnja praksa pokazuje da uvođenje novih tehnologija u energetskej sektor ne dovodi nužno do pravednih ishoda u procesu tranzicije. U radu [2] prikazano je kako svaki od glavnih benefita koji se dobijaju primenom novih tehničkih rešenja i savremenih energetskeg tehnologija dolazi sa pratećim skupom rizika. Glavni izazov se ima u tome da nastojanje ka povećavanju pristupačnosti i održivosti, naruše principe jednakosti i poštovanja.

U okviru rada biće dat pregled dosadašnje prakse primene veštačke inteligencije u okviru energetskeg sektora, uz osvrt na potencijal za dalji prodor ove tehnologije. Posebna pažnja biće posvećena kvalitativnoj analizi mogućeg uticaja AI na pravednost u postupku energetske tranzicije. Takođe, korišćenjem dostupnih alata kao što je ChatGPT biće izvršeno direktno uključivanje veštačke inteligencije u istraživanje uz komentar na dobijene odgovore.

II OBLAST PRIMENE VEŠTAČKE INTELEGENCIJE U SEKTORU ENERGETIKE

U procesu tranzicije ka dekarbonizovanoj ekonomiji, a što je koncept koji sve više preovladava pogotovo u Evropskoj Uniji, energetika igra centralnu ulogu. Iz tog razloga se ima sve veći stepen interakcije između sektora električne energije, transporta, industrije i građevinarstva, a što se postiže dodatnim sprežanjem električne i telekomunikacione mreže. Ovakva postavka energetskog sistema ide u pravcu dubinske elektrifikacije koja podrazumeva da krajnji korisnici imaju isključivo dodir sa električnom energijom koja bi u najvećoj meri zamenila sve ostale vidove energije [3]. Da bi takav sistem mogao da funkcioniše u praksi neophodna je optimizacija svakog dela elektroenergetskog sistema, kao i veća koordinacija i saradnja među njima.

Zbog svega ovoga je neophodna digitalizacija čitavog sistema kako bi se izvršilo povezivanje različitih sektora na pouzdan, pristupačan i na način da se ima najmanji štetan uticaj na životnu sredinu (najčistiji). Daljim poboljšanjem performansi kao i sve većom dostupnošću podataka digitalne tehnologije će zauzimati sve značajniju ulogu u procesu brze i povoljne energetske tranzicije. Ovo će se postizati kombinacijom automatizacije, optimizacije i kroz omogućavanje novih poslovnih i operativnih modela unutar i izvan tradicionalnog lanca vrednosti: proizvodnja, prenos, distribucija, trgovina i potrošnja [4].

Postavka elektroenergetskog sistema takva da se ide u pravcu dubinske elektrifikacije uz dekarbonizaciju, podrazumeva značajno veću decentralizaciju. Tako da prema dugoročnom ekonomskom scenariju [5] projekcije za 2050. godinu idu u pravcu da će se 56% ukupne svetske proizvodnje električne energije imati uz pomoć solarnih elektrana i vetroturbina (7,6 TW solar, 4,6 TW vetar). I generalno, taj najoptimalniji scenario globalne energetske tranzicije podrazumeva značajne transformacije čitavog sistema, a osnovne karakteristike su date u okviru tabele:

Tabela 1. Projekcije glavnih karakteristika elektroenergetskog sistema za 2050. godinu [5]

nizak nivo sektorskog povezivanja.
Projekcije stanje globalnog elektroenergetskog sistema za 2050.
Konfiguracija prenosne mreže: - proizvodnja dominantno bazirana na OIE uz deo bazne energije iz tranzicionih goriva (zemni gas i nuklearna energija), - veliki industrijski sistemi direktno priključeni na prenos, - značajno proširena prenosna mreža kako bi mogla da prihvati povećanu proizvodnju iz OIE, - javni saobraćaj (železnica).
Konfiguracija distributivne mreže: - zgrade koje su spregnute sa ostakom sistema i nisu više samo pasivni potrošači već i proizvođači energije, - industrija i poslovni sistemi, - distribuirani izvori energije čiji je udeo značajno uvećan, - proizvodnja „zelenog“ vodonika direktnim sprežanjem sa distribuiranim izvorima energije, dalja upotreba vodonika za proizvodnju električne energije, - mala i srednja preduzeća koja kao i zgrade ulaze u status aktivnih proizvođača električne energije, - baterijski sistemi za skladištenje električne energije, - električna vozila koja postaju i sastavni deo elektroenergetskog sistema imajući u vidu da će skladištiti deo električne energije koja će se proizvoditi u distribuiranim izvorima.
Učešće savremenih energetskih tehnologija i principa koji značajno utiču na dekarbonizaciju: - obnovljivi izvori energije 12TW, - baterijski sistemi za skladištenje energije 1,3TW, - veliki udeo toplotnih pumpi u sektoru grejanja (težnja ka potpunoj elektrifikaciji sistema grejanja), - globalni udeo fleksibilnog opterećenja oko 8%, - broj električnih vozila oko 836 miliona, - visok nivo sektorskog povezivanja prevashodno na distributivnom nivou koji postaje vrlo dinamičan sistem u kojem se električna energija troši, proizvodi i skladišti, te preko koga se omogućava aktivna kontrola opterećenja.

Da bi se elektroenergetski sistem transformisao na ovaj način neophodna su značajna ulaganja, koja u zavisnosti od scenarija tranzicije koji se analizira iznose preko 90 biliona dolara u narednih trideset godina (prema „net-zero“ scenariju [5] potrebne investicije se procenjuju do 173 biliona dolara).

Kako je to u uvodnom delu rečeno, AI je moćan alat koji može da odgovori izazovima upravljanja složenim procesima energetske tranzicije kroz postizanje veće ukupne efikasnosti sistema, što smanjuje ukupne troškove i povećava brzinu tranzicije i to pogotovo u sektoru proizvodnje električne energije. Prema rezultatima analize koja je rađena od strane Nemačke agencije za energetiku [6], detektovane su sledeće oblasti energetskog sistema u kojima se veštačka inteligencija može koristiti:

- predviđanje potrošnje i nivoa proizvodnje električne energije iz OIE (Predviđanje),
- funkcionisanje i optimizacija elektro mreže (Mreža),
- upravljanje potražnjom za energijom (Menadžment

Stanje globalnog elektroenergetskog sistema u 2020.
Konfiguracija prenosne mreže: - proizvodnja bazirana na velikim elektranama (termoblokovi (ugalj, gas), nuklearne elektrane i hidroelektrane), - veliki industrijski sistemi direktno priključeni na prenos, - prenosna mreža, - javni saobraćaj (železnica).
Konfiguracija distributivne mreže: - zgrade, - industrija i poslovni sistemi, - distribuirani izvori energije, - mala i srednja preduzeća.
Učešće savremenih energetskih tehnologija i principa koji značajno utiču na dekarbonizaciju: - obnovljivi izvori energije 1,5TW, - baterijski sistemi za skladištenje energije 11GW, - mali udeo toplotnih pumpi u sektoru grejanja, - globalni udeo fleksibilnog opterećenja ispod 1%, - broj električnih vozila oko 12 miliona,

potrošnje),

- kreiranje novih materijala i inovacija (Menadžment inovacija).

Za svaku od navedenih oblasti primene važno je imati odgovarajuće skupove ulaznih podataka nad kojima AI operiše i na taj način izvršava zadatke uz „učenje“ i povezano sa time stalno unapređivanje radnih procesa. Prema načinu sakupljanja i klasifikacije može se napraviti kategorizacija podataka [6] vezano za neku od oblasti primene veštačke inteligencije:

- **Podaci o vremenu i tržištu (energije, usluga i roba)** – ovaj set podataka se dominantno koristi za predviđanje proizvodnje električne energije iz OIE kao i za predviđanja potrošnje. Takođe, analiza ovih podataka je potrebna za adekvatno održavanje rada i optimizaciju elektro mreže (vremenski podaci) kao i za upravljanje potrošnjom (vremenski podaci i tržišne prilike).
- **Slike i video zapisi** – koriste se u delu predviđanja proizvodnje iz OIE, kao i u obezbeđivanju adekvatnog rada elektromreže.
- **Podaci sa opreme i senzora** – ovaj set podataka dominantno se koristi u oblastima rada i optimizacije mreže, kao i u menadžmentu potrošnje.

III ANALIZA PRIMENE VEŠTAČKE INTELIGENCIJE U SEKTORU ENERGETIKE I UTICAJ NA PRAVEDNOST ENERGETSKE TRANZICIJE

U prethodnom poglavlju su na osnovu rezultata ranijih istraživanja [4] definisane četiri oblasti za koje očekuje da su najpogodnije za primenu veštačke inteligencije u sektoru energetike. U okviru ovog poglavlja biće detaljnije opisana svaka od navedenih oblasti sa navođenjem pojedinih primera iz prakse i osvrtno na potencijalni uticaj na nivo pravednosti u procesu energetske tranzicije. Pri tome će se pravednost u procesu energetske tranzicije gledati kroz prizmu definicije da je stepen energetske pravde u direktnoj srazmeri sa izbalansiranošću energetske trileme [7].

1. Predviđanje potrošnje i nivoa proizvodnje električne energije iz OIE (Predviđanje)

Proizvodni sistemi bazirani na obnovljivim izvorima energije imaju proizvodnju izrazito zavisnu od vremenskih prilika, a što se pogotovo odnosi na solarne elektrane i vetroturbine. Iz tog razloga predviđanje proizvodnje igra veoma značajnu ulogu u čitavom procesu i može značajno da utiče na prihode koje elektrana ostvaruje. Veštačka inteligencija u ovom segmentu već ima sve značajniju ulogu jer svojstvo da na bazi istorijskih podataka o nekim pojavama može da izvlači zaključke i prilagođava akcije je u ovom segmentu vrlo primenljivo. Savremeni sistemi prate parametre vremenskih prilika i upoređuju ih sa ranije prikupljenim podacima što je osnova za odlučivanje o akcijama, recimo o postavljanju položaja lopatica na vetrogeneratorima, i shodno tome se mogu vršiti i predviđanja o proizvodnji.

Važan segment u funkcionisanju elektrana jeste njihovo redovno održavanje. Okvirna cena iznosi oko 1% ukupne proizvodnje električne energije za solarne elektrane i skoro 20% od proizvodnje vetroelektrana u priobalju mora [4]. Za slučaj ispada iz proizvodnje troškovi postaju značajni jer se ima dugo vreme u

beznaponskom stanju. Zbog svega ovoga se uvode sistemi bazirani na AI tehnologiji koji uz pomoć senzorskih očitavanja mogu da optimizuju tekuća održavanja i smanje potrebna ulaganja, ujedno olakšavaju detekciju i dijagnostiku potencijalnih kvarova i tako ubrzavaju period opravke čime se smanjuje vreme ispada.

Potrošnja predstavlja još složeniji sistem u odnosu na proizvodnju imajući u vidu da zavisi od većeg broja faktora. Sistemi bazirani na veštačkoj inteligenciji su dobri u uočavanju složenih obrazaca ponašanja i mogu na bazi istorijskih podataka o potrošnji da vrše dosta dobru projekciju budućeg kretanja. Shodno tome postoji realan okvir i veliki potencijal za bolje poklapanje prognoza proizvodnje sa prognozama potrošnje električne energije i to u svim vremenskim okvirima koji odgovaraju standardnim intervalima trgovanja (nedeljno, dan unapred, sat unapred i unutar sata).

Kao jedan konkretan primer primene u praksi može se navesti kompanija Google i njena podružnica AI DeepMind koje su tokom 2019. godine razvili neuronsku mrežu kako bi povećali tačnost prognoza za svoj portfolio obnovljivih izvora energije snage 700 MW (vetroelektrane). Na osnovu istorijskih podataka, mreža je razvila model za predviđanje buduće proizvodnje do 36 sati unapred sa mnogo većom preciznošću nego što je to ranije bilo moguće. Na ovaj način je omogućeno da se energija prodaje unapred umesto u realnom vremenu, a što zajedno sa još nekim sistemima baziranim na AI povećava finansijsku vrednost proizvedene energije za 20% [8]. Pored korišćenja AI za predviđanje proizvodnje u sistemima baziranim na OIE, korisna je njihova upotreba i u postojećim sistemima baziranim na fosilnim gorivima, recimo u termoelektranama na uglj [9]. Na ovaj način se optimizuje rad termoelektrane što utiče na povećanje ukupne efikasnosti i smanjenje štetnih emisija.

2. Funkcionisanje i optimizacija elektro mreže (Mreža)

Izgradnja sve većeg broja velikih proizvodnih postrojenja baziranih na OIE, kao i nagli porast primene distribuiranih izvora energije dovodi do stvaranja zagušenja kako na prenosnom tako i na distributivnom naponskom nivou. Elektromreža postaje sve veće usko grlo za dalji tok energetske tranzicije imajući uvidu dug period potreban za izgradnju potrebnih novih kapaciteta (veći dalekovodi iziskuju i do deset godina za realizaciju) [4]. Iz tog razloga će korišćenje veštačke inteligencije za optimizaciju rada mreže i poboljšanje kapaciteta postojećih prenosnih i distributivnih vodova, kao i produženje životnog veka postojeće opreme, dati značajnu podršku brzom energetske tranziciji. Procene govore da bi do 2050. godine trebalo uložiti oko 14 biliona dolara u nove mrežne kapacitete [5]. To znači dodatnih stotine hiljada kilometara dalekovoda, vodova, trafostanica i druge mrežne opreme. Na ovaj način čitav elektro energetski sistem postaće još složeniji i samim tim teži za upravljanje. Značajno će porasti i troškovi redovnog održavanja mrežne opreme, dok će problemi stalnog rasta temperature kao i ekstremnih vremenskih prilika u vidu lokalnih temperaturnih šokova značajno doprineti skraćenju životnog veka ugrađene opreme koja je osetljiva na temperaturna preopterećenja (problem tzv. starenja izolacije).

Veštačka inteligencija može značajno da pomogne u tekućem održavanju mreže tako što će se analiza rada vršiti uz pomoć

robotskih sistema i dronova čime će se olakšati detekcija kvarova [10]. Korišćenjem istorijskih podataka o vremenskim prilikama kao i podacima u realnom vremenu može se vršiti takvo upravljanje tokovima snaga koje će rasterećivati deonice kod kojih bi postojala opasnost od temperaturnog preopterećenja. AI može da se koristi i u planiranju daljeg razvoja mreže tako što se dalja proširenja vrše na bazi istorijskih podataka o tokovima snaga. Na sličan način se može uz pomoć AI vršiti i optimalno upravljanje tokovima snaga.

Postoji dosta primera praktične primene AI u ovoj oblasti. Recimo kompanija E.ON razvila je algoritam mašinskog učenja za predviđanje kada je potrebno zameniti kablove srednjeg napona u mreži, koristeći podatke iz niza izvora da identifikuje obrasce u proizvodnji električne energije. Njihova praksa sugerise da bi prediktivno održavanje moglo da smanji prekidu u mreži do 30% u poređenju sa konvencionalnim pristupom [8].

3. Upravljanje potražnjom za energijom (Menadžment potrošnje)

Ova oblast primene veštačke inteligencije je dominantno vezana za distributivni naponski nivo. Kao što je to prikazano u Tabeli 1 u procesu energetske tranzicije najveće promene će se imati upravo na nivou distribucije. Pojavljuje se sve više distribuiranih izvora energije, baterijskih sistema za skladištenje, električnih automobila. Takođe, zgrade prestaju da budu samo pasivni potrošači već prelaze u status aktivnog učesnika u elektroenergetskom sistemu (jedan koncept je povezivanje urbanih područja u tzv. Pozitivne energetske distrikte [11]). U ovoj oblasti upotreba AI sistema mahom je vezana za uvezivanje različitih komponenti i optimizaciju njihovog rada. Recimo, uz pomoć veštačke inteligencije biće moguće pomeranje potrošnje i njeno usklađivanje sa proizvodnjom baziranom na OIE.

Konkretna primena AI u ovoj oblasti ima se u sistemima za kontrolu i optimizaciju punjenja električnih automobila. Uz pomoć veštačke inteligencije se minimizuju troškovi za punjenje imajući u vidu da ova tehnologija reaguje na vremenski promenljive i/ili lokacijske granične cene na tržištu električne energije.

4. Kreiranje novih materijala i inovacija (Menadžment inovacija)

Poboljšanje performansi postojećih materijala kao i kreiranje novih predstavlja jednu od važnijih pretpostavki za dalji tok energetske tranzicije. Dobar primer za to je stalni rad na poboljšanju karakteristika baterija za električna vozila kao i za velike baterijske sisteme u kojima će se skladištiti značajne količine električne energije. Međutim, proces otkrivanja, razvijanja i korišćenje naprednih materijala, koji treba da zadovolje složene specifikacije performansi, veoma je skup i dugotrajan. U tom kontekstu AI se vidi kao potencijalno koristan alat za ubrzanje procesa i optimizaciju troškova razvoja.

Posmatrano kroz sočivo energetske pravde, veštačka inteligencija svoj ključni doprinos pravednim ishodom daje kroz unapređenje ukupne efikasnosti elektroenergetskog sistema. Na taj način se ostvaruju značajna umanjivanja u emisijama štetnih gasova, smanjenja troškova tekućeg održavanja opreme u elektroenergetskom sistemu i omogućavanje većeg uključivanja OIE. Na ovaj način dobija se značajna količina čiste i pristupačne

energije. Sa druge strane, postoji dosta oblasti u kojima AI može da otvori dodatne nepravde ili da produbi neke postojeće. Jedna od bitnih tema je očuvanje privatnosti imajući u vidu to da uključivanje ove tehnologije zahteva veliki broj podataka o životnim navikama ljudi, kao i mogućnost da aktivno upravlja skoro svim uređajima u domaćinstvima. Takođe, značajniji prodor veštačke inteligencije podrazumeva neminovnu promenu u strukturi potrebne radne snage. U tom smislu u nekim sektorima će doći do smanjenja broja zaposlenih, dok će sve više zaposlenih trebati na samom razviu AI aplikacija. Kako bi se izbegle nepravde neophodno je izvršiti prekvalifikaciju dela zaposlenih, a ujedno to je i način da se izbegne usko grlo koje je trenutno prisutno imajući u vidu da zahtevi za stručnjacima u oblasti veštačke inteligencije daleko prevazilaze postojeće kapacitete. Ono što takođe predstavlja veliki izazov je to što AI ima potencijal da dodatno produbi jaz između najbogatijih i najsiriomašnjih imajući u vidu da zemlje u razvoju nemaju mogućnosti da značajnije ulažu čime još dodatno gube trku sa onim najrazvijenijima.

IV ISTRAŽIVANJE O TEMI RADA UZ POMOĆ DOSTUPNIH ALATA BAZIRANIH NA VEŠTAČKOJ INTELIGENCIJI

U okviru ovog poglavlja biće testirana mogućnost generisanja odgovora uz pomoć alata ChatGPT, a na dva ključna pitanja kojima se ovo istraživanje bavi. Korišćena je GPT-3.5 - free plan verzija kojoj je pristupljeno 15.03.2024. godine. Pri tome je izabran *zero-shot prompting* kao metod komunikacije sa Chat bot-om. Na ovaj način će veštačka inteligencija biti uključena da bude koautor u radu.

Metodologija koja će biti primenjena kako bi se istraživanje uradilo na adekvatan način je sledeća:

1. U ChatGPT biće postavljena sledeća dva pitanja: „Kako možemo koristiti veštačku inteligenciju u procesu pravedne energetske tranzicije?” i „Koja je uloga veštačke inteligencije u procesu pravedne energetske tranzicije?”
2. Odgovori će biti integralno preneti u rad.

1. *Kako možemo koristiti veštačku inteligenciju u procesu pravedne energetske tranzicije?*

Odgovor ChatGPT:

Veštačka inteligencija može igrati ključnu ulogu u olakšavanju pravedne energetske tranzicije na nekoliko načina:

- **Energetska efikasnost:** Veštačka inteligencija može optimizovati potrošnju energije u zgradama, industrijama i saobraćaju, smanjujući gubitke i emisije. Ovo pomaže u postizanju ciljeva održivosti uz osiguranje pristupa energetske efikasnim tehnologijama za sve zajednice.
- **Integracija obnovljivih izvora energije:** Algoritmi veštačke inteligencije mogu prognozirati proizvodnju energije iz obnovljivih izvora, upravljati stabilnošću mreže i optimizovati integraciju obnovljivih izvora poput solarnih i vetrogeneratora u energetske miks. Ovo osigurava glatku tranziciju ka čistijim izvorima energije uz minimalne poremećaje za zajednice koje se oslanjaju na tradicionalne izvore energije.
- **Pravičan pristup:** Alati sa veštačkom inteligencijom mogu

analizirati podatke kako bi identifikovali tačke energetskog siromaštva i razvili ciljne rešenja za poboljšanje pristupa pristupačnoj i čistoj energiji za marginalizovane zajednice. Ovo osigurava da niko ne bude zapostavljen u tranziciji ka održivim energetskim sistemima.

- Kreiranje radnih mesta i obuka: Veštačka inteligencija može pomoći u identifikaciji nedostataka veština i potreba za obukom radnika u energetskom sektoru. Pružajući personalizovane programe obuke i pomoć u zapošljavanju, veštačka inteligencija doprinosi stvaranju novih prilika za radnike u nastajućim zelenim industrijama.
- Podrška politikama: Veštačka inteligencija može analizirati velike količine podataka kako bi obavestila donosioc političkih o društvenim, ekonomskim i ekološkim uticajima različitih strategija energetske tranzicije. Ovo pomaže u dizajniranju politika koje prioritizuju pravednost, jednakost i održivost.
- Angažovanje zajednice: Platforme sa veštačkom inteligencijom mogu olakšati značajno angažovanje i saradnju između donosilaca politika, energetskih kompanija i lokalnih zajednica. Uključivanjem povratnih informacija zajednice u procese donošenja odluka, veštačka inteligencija pomaže u osiguravanju da inicijative energetske tranzicije odgovaraju potrebama i zainteresovanih strana.

Ukupno gledano, iskorišćavanje veštačke inteligencije u pravednoj energetskoj tranziciji ključno je za stvaranje održive, pravične i otporne energetske budućnosti za sve.

2. Koja je uloga veštačke inteligencije u procesu pravedne energetske tranzicije?

Odgovor ChatGPT:

Veštačka inteligencija (AI) igra ključnu ulogu u procesu pravedne energetske tranzicije na nekoliko načina:

- Analiza podataka: AI može analizirati ogromne količine podataka o potrošnji energije, emisijama, socio-ekonomskim faktorima i drugim relevantnim parametrima. Ova analiza omogućava bolje razumevanje potreba i izazova različitih zajednica tokom tranzicije.
- Optimizacija energetskih sistema: Korišćenjem algoritama mašinskog učenja, AI može optimizovati rad energetskih sistema, uključujući distribuciju i skladištenje energije. Ovo pomaže u povećanju efikasnosti i smanjenju troškova, što je ključno za osiguranje pristupačne energije za sve.
- Predviđanje potrošnje i proizvodnje energije: AI može predviđati potražnju za energijom i proizvodnju iz obnovljivih izvora kao što su solarna i vetroenergija. Ovo omogućava bolje upravljanje mrežom i smanjenje rizika od prekida u snabdevanju energijom.
- Identifikacija energetskog siromaštva: Kroz analizu podataka, AI može identifikovati zajednice koje su posebno pogođene energetskim siromaštvom i osmisliti strategije za poboljšanje pristupa energetskim resursima u tim područjima.

- Pomoć u donošenju odluka: AI može pružiti informacije i analize koje pomažu donosiocima politika da donose informisane odluke o energetskim politikama i investicijama. Ovo osigurava da tranzicija bude pravedna i da se uzmu u obzir potrebe svih zajednica.
- Unapređenje infrastrukture: AI može identifikovati potrebe za modernizacijom i unapređenjem energetske infrastrukture, uključujući mreže za distribuciju i skladištenje energije. Ovo pomaže u stvaranju otpornijih i efikasnijih energetskih sistema.

Ukupno gledano, AI igra ključnu ulogu u procesu pravedne energetske tranzicije tako što omogućava efikasnije korišćenje resursa, identifikuje potrebe zajednica i podržava donošenje informisanih odluka koje osiguravaju pristupačnu i održivu energiju za sve.

IV ZAKLJUČAK

Veštačka inteligencija ima potencijal da zauzme centralnu ulogu u ubravanju globalne energetske tranzicije. Pri tome AI ima značajan potencijal da čitav taj proces učini pravednim. Međutim, veštačka inteligencija nije čarobni štapić kojim se svaki problem sa lakoćom može rešiti. Pre svega, trenutno postoji značajan problem sa nedostatkom adekvatne radne snage koja je neophodna za dalji razvoj AI i za njen značajniji prodor u sektor energetike. Takođe, izražen je i problem sa prevelikim očekivanjima koja se postavljaju dok istovremeno još uvek u dobrom delu čak i razvijenih društava postoji mentalna barijera prema veštačkoj inteligenciji koja se smatra potencijalno opasnom tehnologijom.

U okviru rada prikazana je aktuelna situacija u pogledu oblasti primene veštačke inteligencije u sektoru energetike. Analiza dostupne literature pokazuje jasan trend rasta primene kao i broja naučnih i stručnih radova koji potvrđuju pozitivne rezultate i otvaraju nove perspektive za primenu AI u procesu energetske tranzicije. U poslednjem poglavlju su odgovori na temu koja se istražuje generisani uz pomoć alata ChatGPT te je na taj način veštačka inteligencija uključena kao koautor rada. Ideja je da se na jednom mestu prikažu sličnosti i razlike u zaključcima, kao i da se da jedna sveobuhvatna slika o temi koja se obrađuje.

LITERATURA/REFERENCES

- [1] Parović, M. Uticaj novih energetskih tehnologija na nivo energetske pravde, *Energija, ekologija, ekonomija*, Vol. 25, No. 2, pp. 10-15, 2023. <https://doi.org/10.46793/EEE23-2.10P>
- [2] Sovacool, B., Lipson, M., Chard, R. Temporality, vulnerability, and energy justice in household low carbon innovations, *Energy Policy*, Vol. 128, pp. 495-504, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.01.010>
- [3] Morte, I. B. B., Araújo, O.F., Morgado, C.R.V., de Medeiros, J.L. Electrification and decarbonization: a critical review of interconnected sectors, policies, and sustainable development goals, *Energy Storage and Saving*, Vol. 2, No. 4, pp. 615-630, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.enss.2023.08.004>
- [4] World Economic Forum. *Hamessing Artificial Intelligence to Accelerate the Energy Transition*, 2021. <https://www.weforum.org/publications/hamessing-artificial-intelligence-to-accelerate-the-energy-transition/> [pristupljeno 11.03.2024]
- [5] BloombergNEF. *New Energy Outlook 2020*, 2021, https://assets.bbhub.io/professional/sites/24/928908_NEO2020-Executive-Summary.pdf [pristupljeno 11.03.2024]

- [6] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena). Artificial Intelligence – from Hype to Reality for the Energy Industry, 2020. https://www.dena.de/fileadmin/dena/Publikationen/PDFs/2020/dena_ANA_LYSIS_Artificial_Intelligence_-_from_Hype_to_Reality_for_the_Energy_Industry.pdf [pristupljeno 11.03.2024]
- [7] Parović, M., Kljajić, M. Improvement of metric for quantification and assessment of the energy justice, Thermal Science, Vol. 26, No. 3, pp. 262-262, 2022. <https://doi.org/10.2298/TSCI210527262P>
- [8] Rozite, V., Miller, J., Oh, S. Why AI and energy are the new power couple, International Energy Agency. <https://www.iea.org/commentaries/why-ai-and-energy-are-the-new-power-couple> [pristupljeno 15.03.2024]
- [9] Knežević, S., Živković M. Predviđanje proizvodnje termoelektrane pomoću neuralnih mreža, Energija, ekologija, ekonomija, Vol. 25, No. 4, pp. 38-41, 2023. <https://doi.org/10.46793/EEE23-4.38K>
- [10] Zakić, M., Kvaščev, G. Procena mesta nastanka kvara na električnomvodu primenom veštačkih neuralnih mreža, Energija, ekologija, ekonomija, Vol. 24, No. 4, pp. 68-74, 2022. <https://doi.org/10.46793/EEE22-4.68Z>
- [11] Parović, M. Razvoj energetske zajednice kao aktivna mera za podsticaj pravedne energetske tranzicije u Republici Srbiji, Energija, ekonomija, ekologija, Vol 24, No.2, pp. 33-39, 2022. <https://doi.org/10.46793/EEE22-2.33P>

AUTORI/AUTHORS

Miroslav Parović – dr tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Departman za industrijsko inženjerstvo i menadžment, miroslav.parovic@gmail.com, ORCID [0000-0002-9891-4876](https://orcid.org/0000-0002-9891-4876)

Could Artificial Intelligence (AI) Contribute to a Just Energy Transition?

Abstract – The level of fairness of the energy transition mainly depends on the balance of the energy trilemma in the observed country. Artificial intelligence (AI) and machine learning have the potential to improve the overall performance of the energy system. The advantage of these technologies is that they can be applied in the energy production and consumption sectors, which can maximize energy efficiency and thus reduce the level of primary energy consumption. Likewise, AI can be used to increase the level of flexibility of the power system, enabling greater inclusion of renewable sources. All this affects the reduction of emissions, which represents one of the most important norms in reaching the goals of decarbonization of the economy. In addition to the above, AI could be used to improve the reliability of energy systems and reduce the overall costs of their exploitation.

There are also significant limitations in the application of artificial intelligence. First of all, there is currently a rather big problem with the adequate workforce needed for further development, which creates a certain "bottleneck" in the application in the energy sector. Also, AI's electricity consumption is not negligible, which potentially represents an additional load on production capacities.

The goal of the research is to make an overview of the current applications of AI in the energy sector and to give a critical review of the impact on energy justice using those specific examples. In the research, communication with the publicly available tool based on artificial intelligence, ChatGPT, will be used in order to reach a certain set of information about the topic of interest. In this way, AI will be directly involved in the research in such a way that a set of specific questions will be asked in ChatGPT, and the answers obtained will be integral part of the final paper.

Index Terms – Energy Justice, Artificial Intelligence (AI), Energy Transition