

MODELI PRIMJENE UMJETNE INTELIGENCIJE U PROIZVODNJI ELEKTRIČNE ENERGIJE/ MODELS OF APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE PRODUCTION OF ELECTRICITY

Pregledni članak

Muhamed Ćosić¹

¹Internacionalni univerzitet Travnik u Travniku, Aleja Konzula - Meljanac bb, Travnik, BiH,
e-mail: drmuhamedcosic@gmail.com

Sažetak

Vještačka inteligencija postala je sveprisutna eksponencijalno povećavajući produktivnost kako pojedinaca tako i poslovnih subjekata. Sofisticiranost vještačke inteligencije omogućava pojedincima povećanje vlastitih sposobnosti u obavljanju različitih poslova, a preduzećima bolje performanse u proširenju poslovnih usluga i proizvodnje. Danas gotovo svaka industrija koristi aplikacije vještačke inteligencije u cilju automatizacije svakodnevnih zadataka i povećanja konkurentnosti na tržištu. Takav trend je sve popularniji i u elektroenergetskoj industriji koja nastoji iskoristiti potencijal vještačke inteligencije kako bi povećala efikasnost, optimizirala performanse, i ubrzala svoj rast. Mašinsko učenje, duboko učenje, neuronske mreže, tehnika velikih podataka i druge tehnologije vještačke inteligencije svakim danom pojačavaju svoju prisutnost na elektroenergetskom tržištu. U ovom radu se govori o upotrebi vještačke inteligencije u jednom od najvažnijih segmenata elektroenergetike, proizvodnji električne energije. Fokus rada je na predstavljanju modela primjene kao i izazova upotrebe vještačke inteligencije u ovom segmentu.

Ključne riječi: vještačka inteligencija, elektroenergetika, obnovljivi izvori energije.

Abstract

Artificial intelligence has become ubiquitous, exponentially increasing the productivity of both individuals and businesses. The sophistication of artificial intelligence allows individuals to increase their own abilities in performing various tasks, and companies to perform better in the expansion of business services and production. Today, almost every industry uses artificial intelligence applications in order to automate everyday tasks and increase competitiveness in the market. The tape trend is increasingly popular in the power industry, which seeks to use the potential of artificial intelligence to increase efficiency, optimize performance, and accelerate its growth. Machine learning, deep learning, neural networks, big data techniques and other artificial intelligence technologies are increasing their presence on the power market every day. This paper discusses the use of artificial intelligence in one of the most important segments of power engineering, the production of electricity. The focus of the paper is on presenting the application model as well as the challenges of using artificial intelligence in this segment.

Keywords: artificial intelligence, electric energy, renewable energy sources.

1 UVOD

Jedna od karakteristika četvrte industrijske revolucije je pojava disruptivnih tehnologija koje neutraliziraju fizičke, digitalne i biološke granice. Ovim promjenama zahvaćeni su skoro svi segmenti ljudskog djelovanja a nove tehnologije čine mogućim ono što je prije bilo teško ili nikako ostvarivo. Temeljni generator četvrte industrijske revolucije je vještačka inteligencija, čiji je fokus programiranje pametnih i inteligentnih mašina za obavljanje zadataka i rješavanje problema, uz ograničenu ljudsku intervenciju. Napredak koji donosi upotreba vještačke inteligencije vidljiv je u svim industrijama pa tako i u elektroenergetskoj industriji. Sve je veći broj primjera upotrebe vještačke inteligencije u kompanijama koje se bave proizvodnjom električne energije s ciljem omogućavanja bolje energetske učinkovitosti, lakšeg nadzora i upravljanja kao i pomoći u donošenju odluka. Pored privatnih kompanija i vlade mnogih država takođe sve više inkorporiraju tehnologije vještačke inteligencije u svoje energetske industrije. U današnje vrijeme tržište električne energije pod stalnim je pritiskom budući da je potražnja za tom energijom u stalnom porastu. Takvi pritisci su dodatno uvećani sve većom upotrebom električnih vozila i odlukama mnogih država da se smanji potrošnja fosilnih goriva. Pored toga tržište električne energije suočeno je izazovima kao što je nedostatak tehnologije potrebne za učinkovito rukovanje i kontrolu neformalnih priključaka na elektroenergetsku mrežu. To posljedično dovodi do gubitaka za elektroenergetske kompanije kao i povećanja emisije CO₂. Kao odgovor na postojeće stanje za većom potražnjom električne energije elektroenergetske kompanije i vlade mnogih država okreću se proizvodnji električne energije iz obnovljivih izvora. U cilju smanjenja gubitaka i bolje efikasnosti u takvoj proizvodnji uvode se tehnologije poput pametnih brojala i pametnih mreža. Takođe sve je veća primjena i industrijskih IoT uređaja. Sve to dovodi do nužne primjene vještačke inteligencije kako bi se omogućilo nesmetano funkcionisanje i upotreba novih tehnologija. Vještačka inteligencija može smanjiti potrošnju energije, smanjiti troškove energije (Antonopoulos et al., 2020), i učiniti korištenje sigurnih, zelenih izvora energije bržim i produktivnijim za mreže diljem svijeta. Najvažniji element za inkorporaciju vještačke inteligencije u proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora je digitalizacija energetskog sektora i slijedom toga veliki skup podataka koji je evaluabilan. Reflektivne i prediktivne sposobnosti vještačke inteligencije kao i mogućnost prikupljanja i brze obrade velike količine podataka ključne su za kompanije koje se bave proizvodnjom električne energije iz obnovljivih izvora. Ove osobine vještačke inteligencije pomažu kompanijama prilikom donošenja odluka o budućim energetske potrebama. Na primjer tehnologije vještačke inteligencije, na osnovu podataka o historiji potražnje i vremenskih podataka, omogućavaju skoro nepogrešivu procjenu kretanja ponude i potražnje za električnom energijom i time olakšavaju upravljanje rezervama „zelene energije“. Kao karakteristične oblasti implementacije vještačke inteligencije mogu se navesti pametne mreže ili sektorsko povezivanje električne energije, transport i trgovina električnom energijom. Brza analiza i mogućnost procjene velike količine podataka utiču na povećanje efikasnosti u proizvodnji električne energije iz obnovljivih izvora.

2. VJEŠTAČKA INTELIGENCIJA

Kompleksnost pojma inteligencija se odražava i na definisanje pojma vještačke inteligencije. Danas je u literaturi moguće pronaći brojne definicije vještačke inteligencije ali nema konsenzusa oko jednoznačne definicije. Računarskom terminologijom iskazano moglo bi se reći da je vještačka inteligencija programiranje i razvoj sistema i mašina sposobnih za korištenje i tumačenje podataka na način sličan kako bi to uradio čovjek. Posebno dizajnirani algoritmi koji su u svojoj osnovi matematičke formule i operacije omogućavaju da tehnologije vještačke inteligencije mogu percipirati, vršiti analizu kao i učiti obrađujući velike skupove podataka. Savremene tehnologije vještačke inteligencije sposobne su za iskustveno učenje i izvršavanje specifičnih zadataka kroz prepoznavanje uzoraka u podacima. Sam pojam „vještačka inteligencija“ datira iz 1956. godine. Veliki zamah u razvoju vještačke inteligencije desio se u 60-tim godinama prošlog stoljeća kada se Ministarstvo obrane SAD-a zainteresovalo za uvježbavanje računara da oponašaju osnovno ljudsko razmišljanje. Četiri decenije kasnije dolazi do razvoja inteligentnih ličnih asistenata koji su bili temelj za razvoj automatizacije i formalnog zaključivanja, sistema za podršku odlučivanju i sistema pametnog pretraživanja. Upotrebom navedenih sistema značajno su se povećale sposobnosti ljudi na pomenutim poljima.

Ako analiziramo najvažnije doprinose vještačke inteligencije onda se oni mogu iskazati u sljedećim stavkama:

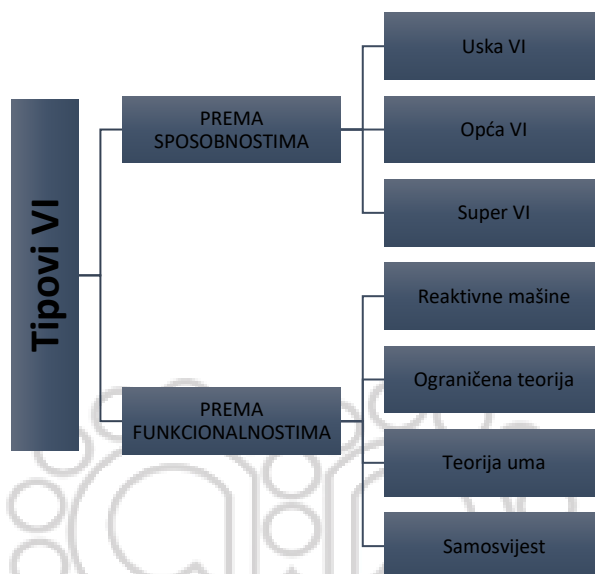
- automatiziranje ponavljajućeg učenja i otkrivanje putem podataka;
- dodavanje inteligenciju postojećim proizvodima;
- pronalaženje strukture i pravila u podacima kako bi algoritmi mogli steći vještine;
- „duboka“ analiza podataka pomoću neuronskih mreža i treniranje modela dubinskog učenja i velika preciznost obrade podataka;
- dobivanje konkurentne prednosti kroz izvlačenje maksimuma informacija iz obrađenih podataka.

Postoji nekoliko različitih podjela vještačke inteligencije a jedna od najpoznatijih je podjela prema sposobnostima i funkcionalnostima (Shema 1). Kada je riječ o podjeli prema sposobnostima onda se može ustvrditi da postoje tri osnovne vrste i to:

- uska,
- opća i
- super vještačka inteligencija.

Ako se pak podjela vrši prema funkcionalnostima onda se govori o sljedeće četiri vrste vještačke inteligencije:

- reaktivne mašine,
- ograničena teorija,
- teorija uma i
- samosvijest.



Shema 1: Tipologija vještačke inteligencije

➤ Vještačka inteligencija temeljena na sposobnostima

Uska ili slaba vještačka inteligencija, svodi se na rješavanje pojedinačnih, usko definisanih zadataka i nije sposobna raditi izvan zadanih ograničenja zadanog podskupa kognitivnih sposobnosti. Primjeri uske vještačke inteligencije su Apple Siri, IBM Watson i Googleov algoritam za rangiranje stranica. Opća ili jaka vještačka inteligencija daje mogućnost da mašine mogu primjenjivati znanje i vještine u različitim kontekstima. Ova vrsta vještačke inteligencije sposobna je razumjeti i naučiti svaki intelektualni zadatak koji može bilo koji čovjek. Iako postoje vrlo obećavajuća istraživanja na polju razvoja jake vještačke inteligencije (Tianhe-2, OpenAI) ova vrsta inteligencije je još u razvoju. Super vještačka inteligencija je teoretska mogućnost a ne praktična stvarnost. Hipotetički, mašine sa superinteligencijom će biti samosvjesne i sposobne razmišljati o apstrakcijama i interpretacijama bolje od čovjeka.

➤ Vještačka inteligencija temeljena na funkcionalnostima

Reaktivna mašina je primarni vrsta vještačke inteligencije koja ne sakuplja sjećanja niti koristi prethodna iskustva za odabir budućih radnji. Radi samo s trenutnim podacima. Oni percipiraju svijet i reaguju na njega. Reaktivni strojevi imaju specifične zadatke i nemaju mogućnosti izvan tih zadataka. Primjer za ovaj tip vještačke inteligencije je IBM-ov Deep Blue. Za razliku od prethodnog tipa vještačka inteligencija sa ograničenom memorijom sposobna je da na temelju prošlih podataka donosi nove odluke. Mašine ovog tipa imaju kratkotrajno „pamćenje“, odnosno koriste prošle podatke za kratko vremensko razdoblje, ali ih ne mogu dodati u biblioteku svojih iskustava. Primjer ovog tipa vještačke inteligencije su samovozeća vozila. Kao i super vještačka inteligencija i teorija uma je teoretska mogućnost a ne praktična stvarnost i postoji samo kao koncept. Ukoliko bude razvijena trebala bi imati mogućnost razumijevanja emocija, osjećaja i misli. Primjeri istraživanja koji su obećavajući u razvoju ovog tipa su Kismet (Massachusetts Institute of Technology) i Sophia (Hanson Robotics). Još jedna vrsta vještačke inteligencije koja postoji samo hipotetski jeste samosvijest. Sistemi i mašine koji bi posjedovali ovakav tip vještačke inteligencije trebali bi biti sposobni da razumiju svoje unutrašnje osobine i stanja, da percipiraju ljudske emocije i da budu „pametniji“ od ljudskog uma.

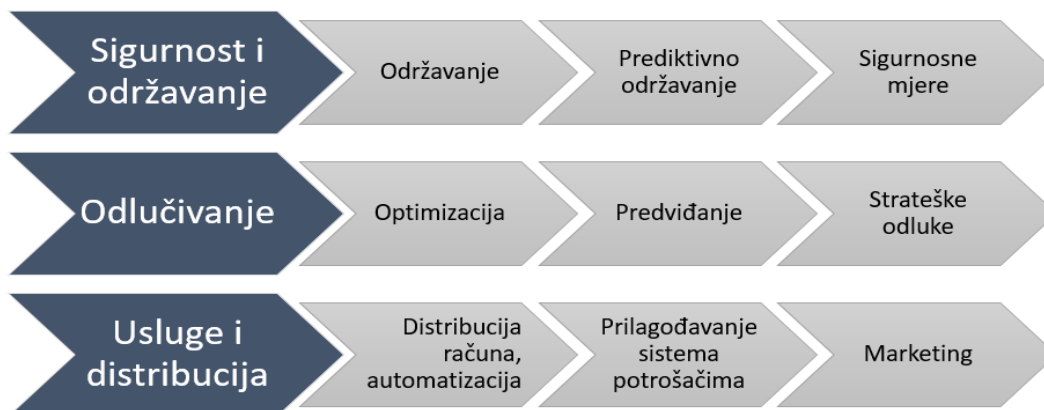
Mnoge nove tehnologije i tehnologije u nastajanju implementirane su u vještačku inteligenciju. Najrelevantnije tehnologije vještačke inteligencije za energetski sektor su sljedeće:

- mašinsko učenje,
- duboko učenje,
- neuronske mreže,
- procesuiranje prirodnog jezika,
- virtualni agenti,
- upravljanje odlučivanjem,
- biometrija,
- robotska automatizacija procesa,
- peer-to-peer mreže,
- AL-optimiziran hardver,
- kognitivna kibernetička sigurnost.

Navedene tehnologije koriste za razvoj brojnih pametnih aplikacija koje mogu učinkovito samostalno i ispravno donositi ključne odluke, bez ljudske intervencije. Kroz prediktivnu analitiku, tehnologije vještačke inteligencije distributerima energije pomažu da uštede i bolje distribuiraju resurse i optimiziraju ih za predviđenu potražnju. Mašinsko učenje omogućava predviđanje i donošenje odluka mnogo brže i preciznije od ljudi dok se korištenjem neuronskih mreža mogu smanjiti rizici i povećati performantnost mnogih segmenata u elektroenergetskoj industriji. Nesumnjivo je da će primjena vještačke inteligencije u energetskom sektoru kao i u cijelom vrijednosnom lancu energetske industrije u narednom periodu dobivati sve veći značaj i nove oblike primjene.

4. PRIMJENA VI U ELEKTROENERGETSKOM SEKTORU

Progresivne tehnološke promjene impliciraju da postojeće arhitekture energetskih sistema i trenutni poslovni modeli u energetskom sektoru idu prema digitalnoj transformaciji (Idries 2022). Tehnologije vještačke inteligencije nalaze sve veću primjenu u elektroenergetskom sektoru. Metode i tehnike vještačke inteligencije dobivaju ključni značaj u optimizaciji i automatizaciji proizvodnje i distribucije električne energije korištenjem podataka generiranih u energetskim sistemima. Proizvodnja i distribucija električne energije zahtijeva inovativna rješenja. Sa porastom potrebne snage raste i potražnja za predviđanjem, koordinacijom i upravljanjem. Upravo zbog toga je potrebno koristiti tehnologije vještačke inteligencije jer one omogućavaju olakšano upravljanje složenim podacima u postojećim energetskim projektima za proizvodnju energije kao i uravnoteživanje ulaza i izlaza energije pomoću prethodno prikupljenih podataka. Takođe preduzećima koja se bave proizvodnjom i distribucijom električne energije olakšava se održavanje, donošenje odluka, usluge i distribucija, npr, pružanje informacije koje su specifične za potrebe njihovih potrošača (Shema 2) .



Shema 2: Vještačka inteligencija u elektroenergetici-primjeri upotrebe

Nemjerljiv doprinos pomenutih tehnologija ogleda se i u osiguranju kibernetičke sigurnosti kao npr. u otkrivanju kibernetičkih napada i anomalija kao i u predviđanju energetske opterećenja i optimizaciju resursa za proizvodnju električne energije. U nastavku se daje pregled najvažnijih modela primjene vještačke inteligencije u elektroenergetskom sektoru.

Proizvodnja električne energije

Kada se radi o primjeni vještačke inteligencije u proizvodnji električne energije onda se uglavnom može govoriti o primjeni na optimizaciji rada postrojenja koje uključuje otkrivanje grešaka i dijagnostiku. Jako važno za proizvodnju električne energije je da se eventualne greške otkrivaju blagovremeno kako bi se mogle poduzeti ispravne mjere na saniranju mogućih kvarova i šteta. Tehnologije vještačke inteligencije su sposobne da precizno odrede incidentne situacije u proizvodnji kao i lažne alarme te tako efikasno utiču na izbjegavanje nepotrebnih prekida i zastoja. Neke od posebno efikasnih tehnologija za ovu primjenu su vještačke neuronske mreže (ANN) kao i genetski algoritmi (GA).

Skladištenje energije

Analize kretanja na globalnom energetske tržištu predviđaju da će potrebe za kapacitetima za pohranu energije porasti 20 puta u narednih 7 godina. Upravo radi takvih procjena postoji velika potreba za implementacijom pametnih sistema za pohranu energije. Pomenuti sistemi se mogu integrirati u energetske mreže kako bi se omogućilo efikasnije upravljanje energijom. Takođe, ovakvi sistemi se koriste za izgradnju virtualnih elektrana čime se omogućava isporuke energije kada je potrebna čak i u slučajevima kada trenutna opskrba energijom nije dovoljna. To pomaže elektroenergetskim preduzećima da smanje potrebe za izgradnjom novih elektrana.

Trgovanje energijom

Važan aspekt u trgovanju električnom energijom, što nije slučaj kada se trguje drugim robama, da se roba, u ovom slučaju električna energija, mora odmah isporučiti. Zbog toga je trgovanje električnom energijom vrlo zahtjevan i kompleksan posao. Da bi olakšala taj kompleksni posao preduzeća koja se bave trgovinom električne energije upotrebljavaju različite tehnologije vještačke inteligencije. Mašinsko učenje, kao podskup vještačke inteligencije omogućava lakše i preciznije predviđanje potražnje za energijom i osigurava pravovremene informacije o cijenama energije. Kvalitetne i pravovremene informacije su od presudnog značaja pri donošenju odluka o tome kada kupovati i prodavati energiju. Takođe blockchain tehnologija

omogućava izgradnju sigurnih platformi za kupoprodajne transakcije i omogućava uštedu u vremenu prilikom pravljenja ugovora o kupoprodaji i izvođenju platnih transakcija.

Mikromreže

Mikromreže dobivaju na popularnosti omogućavanjem distribuiranih energetske resursa (DER) i formiranjem bitnih integriranih energetske sistema usmjerenih na potrošača/proizvođača (Trivedi i Khadem 2022). Mikromrežom se može nazvati manja energetska mreža koja može raditi neovisno o tradicionalnoj energetske mreži. Popularnost ovih „malih“ mreža je u stalnom porastu budući da one mogu ponuditi energetske sigurnost u vanrednim situacijama. Takođe pomenute mreže omogućavaju jednostavniju integraciju obnovljivih izvora energije u energetske mrežu u poređenju tradicionalnim energetske mrežama. Za implementaciju mikromreža najviše se koriste podskupovi vještačke inteligencije, mašinsko učenje i duboko učenje. Jedan od najznačajnijih algoritama dubokog učenja za ovu vrstu primjene je Deep Reinforcement Learning (DRL) algoritam. Takođe i vještačke neuronske mreže nalaze značajnu primjenu u implementaciji mikromreža, a jedan od značajnijih algoritama iz ovog domena koji treba pomenuti je Levenberg-Marquardt (LM) algoritam.

Krađa električne energije i otkrivanje energetske prevara

Štete koje elektroenergetske kompanije trpe radi krađe električne energije dostižu skoro 100 milijardi dolara godišnje na globalnom nivou a samo u SAD skoro 6 milijardi dolara. Prezare s energijom u sektoru distribucije električne energije uključuju krađu električne energije, neovlašteno rukovanje brojiлом ili pogrešku naplate (Poudel, Dhungana 2022). I u ovom segmentu vještačka inteligencija je od velikog značaja za elektroenergetske kompanije jer se njihovom upotrebom automatizira otkrivanje krađa i smanjenju gubitci električne energije i na taj način povećava profit tih kompanija. Vještačke neuronske mreže omogućavaju otkrivanje krađe električne energije ali sa manjom preciznošću nego što se to može uraditi koristeći mašinsko učenje. Neki od značajnijih algoritama koji se koriste za ovu namjenu su OPF algoritam i SOM algoritam.

Integracija obnovljivih izvora energije

Veliki dobavljači energije nalaze se pred ključnim izazovom pronalaženja uravnoteženja između tradicionalnih i obnovljivih izvora energije. Rješenja vještačke inteligencije i podatkovno intenzivne tehnologije već se koriste u različitim dijelovima lanca vrijednosti električne energije i, zbog rastuće složenosti i potencijala buduće pametne mreže za generiranje podataka, imaju potencijal stvoriti značajnu vrijednost u sistemu (Boza, Evgeniou 2021).

Obnovljiva energija vrlo je nepredvidljiva jer ovisi o izvorima koji su u potpunoj zavisnosti o vremenskim prilikama, pa da bi se postigao maksimalni učinak u proizvodnji potrebna je vrlo učinkovita prethodna analiza. Takva analiza podrazumijeva obradu ogromne količine podataka i upravo zbog toga je potreban potencijal vještačke inteligencije. O upotrebi vještačke inteligencije u proizvodnji električne energije iz obnovljivih izvorima govorit će se u narednom poglavlju ovog rada.

Prediktivna analitika

Vrlo važan segment upotrebe vještačke inteligencije u elektroenergetskom sektoru jeste prediktivna analitika. Uglavnom se odnosi na predviđanje kako će se potražnja za energijom kretati u budućnosti. Ukoliko putem prediktivne analitike dođe do pouzdanih informacija onda

je moguće donositi odluke u pogledu potrebne infrastrukture koja će moći odgovoriti izazovima energetske potrebe u budućnosti. Korištenjem prediktivne analitike donosi još jednu prednost elektroenergetskim preduzećima koja se ogleda u mogućnosti predviđanja kvarova na mašinama ili opremi. Upravo zbog toga je moguće smanjiti neočekivane ispadne i kvarove na sistemu. Prediktivna analitika koristi mašinsko učenje i tehnologije vještačke inteligencije kao alate za analizu podataka i predviđanje mogućih ishoda.

Upravljanje mrežom

Kvalitetno upravljanje elektroenergetskom mrežom utiče na smanjenje rasipanja električne energije te povećava uključenost potrošača u optimizaciju potrošnje energije. Tehnologije vještačke inteligencije se u tom smislu mogu koristiti za optimizaciju energetske mreže upravljanjem protokom energije između stambenih objekata, preduzeća, mikromreža kao i same električne mreže. Takođe, tehnologije vještačke inteligencije se za automatizaciju zadataka kao što su održavanje instalacija i mreže ili praćenje potrošnje energije.

Sigurnost mreže

Kibernetička sigurnost ključna je briga za sve poslovne subjekte u svim uslovima privređivanja. Kibernetički napadi postaju svakim danom sve sofisticiraniji i time povećavaju rizike za sigurnost električnih mreža. Alati i tehnologije vještačke inteligencije mogu dati veliki doprinos u smanjenju pomenutog rizika otkrivanjem zlonamjernog softvera i time podići nivo sigurnosne zaštite elektroenergetskih sistema. Sistemi vještačke inteligencije obučavaju se za identifikaciju zlonamjernog softvera, izvršavanje prepoznavanja uzoraka i otkrivanje čak i najsitnijih karakteristika zlonamjernog softvera ili napada s otkupninom prije nego što dođu do sistema pomoću složenih algoritama (Karve, Dutta 2022). Tehnologije vještačke inteligencije koje su izrazito efikasne u omogućavanju većeg stepena zaštite su mašinsko učenje, vještačke neuronske mreže i fuzzy logika putem kojih se kibernetički napadi mogu zaustaviti prije nego što se dogode a takođe se koriste i kao odgovor na izvršeni kibernetički napad.

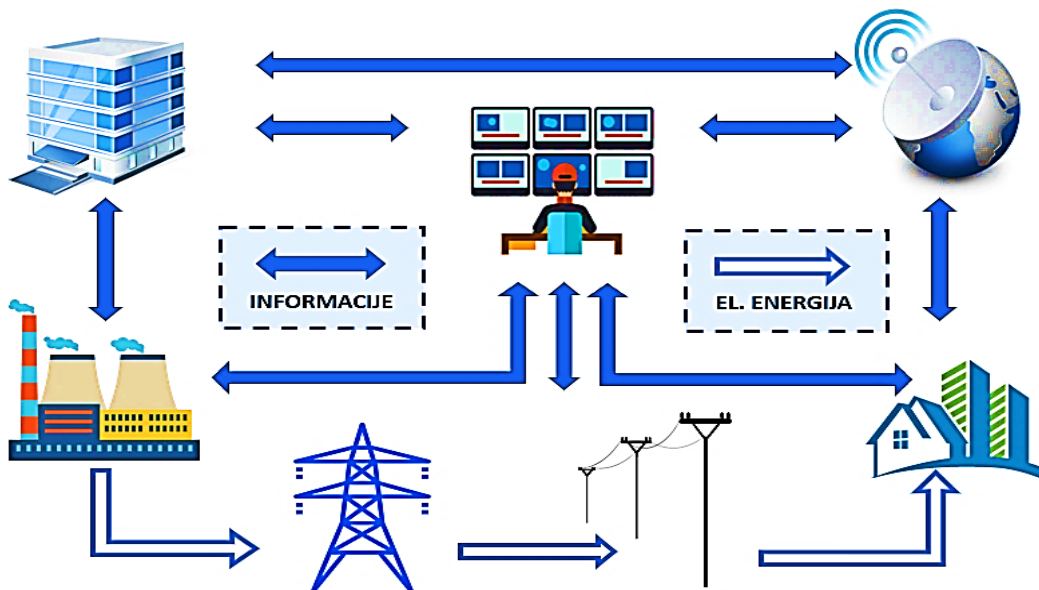
Pametne mreže

Pametne mreže imaju za cilj osigurati stabilnost mreže, uravnotežiti ponudu i potražnju, osigurati pouzdanost napajanja i omogućiti veću integraciju različitih generatora i potrošača (Gupta, 2018). Kako bi mreže postale „pametne“ moraju se integrirati se sa različitim senzorima, alatima za analizu podataka, sistemima za pohranu energije, sistemima za upravljanje energijom i drugim tehnologijama. Energetske kompanije motivirane su da koriste pametne mreže jer im one omogućavaju lakše prikupljanje podataka o potrošnji energije bilo kojeg uređaja na mreži, što im daje mogućnost da na osnovu prikupljenih podataka razvijaju i implementiraju različite projekte energetske učinkovitosti.

Jedan od načina korištenja prikupljenih podataka su i sistemi za automatizovani odgovor na potražnju električne energije u toku „vršnih sati“ kako bi se ostvarila ušteda energije. Neke od aplikacija vještačke inteligencije koje se koriste u pametnim mrežama su:

- Sistem detekcije kvarova u dalekovodima-koriste se vještačke neuronske mreže za bržu detekciju kvarova na mreži. Tradicionalne metode zasnovane na konvencionalnim udaljenim relejima često ne pružaju precizne i pravovremene podatke o kvarovima;
- Analiza slike elemenata dalekovoda-tehnikom obrade slike uz pomoć tehnologija vještačke inteligencije (fuzzy logika i vještačke neuronske mreže) uočavaju se i dijagnosticiraju greške na dalekovodima;

- Prediktivno održavanje elektrana-mašinsko i duboko učenje se koristi za planiranje popravka u elektranama.



Shema 3: Pametna mreža

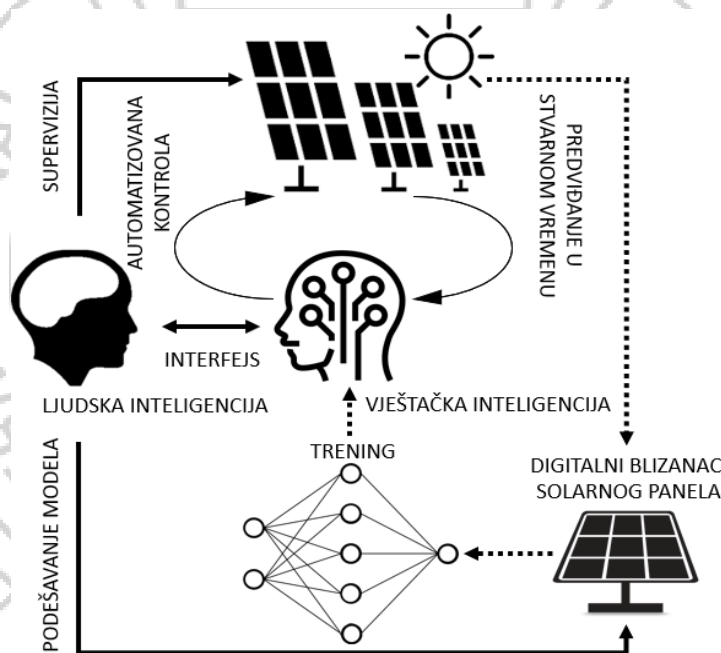
U radu pametnih mreža koriste se i druge tehnike vještačke inteligencije poput evolucijskih algoritama (engl. Evolutionary algorithms-EA), samoorganizirajućih sistema (engl. Self-Organising Systems-SOS), optimizacija roja čestica (engl. Particle Swarm Optimisation-PSO) i dr.

Pored nabrojanih modela primjene vještačke inteligencije u elektroenergetskom sektoru postoje i drugi modeli koji doprinose poboljšanju ukupne performantnosti elektroenergetskih sistema i olakšavanju poslovanja preduzećima koja se bave proizvodnjom, distribucijom i prodajom električne energije.

5. VJEŠTAČKA INTELIGENCIJA I OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE

Pariški sporazum obavezuje vlade država da ubrzano rade na prelazu proizvodnje energije iz fosilnih goriva i usmjere proizvodnju na obnovljive izvore energije. Zbog toga se elektroenergetski sektor suočava se s hitnim izazovima i potrebom brzog prilagođavanja političkim zahtjevima smanjivanjem emisije CO₂. Procjenjuje se da će se udio obnovljivih izvora energije u proizvodnji električne energije povećati na vrlo optimističnih 80% do polovine ovog stoljeća. To podrazumijeva da će se morati koristiti više varijabilnih izvora proizvodnje, pa se nameće potreba za preciznom prognozom proizvodnje električne energije kao i neto opterećenja da bi se održala stabilnost cjelokupnog elektroenergetskog sistema. Kako sve veća količina megavata ulazi u mrežu iz obnovljivih izvora energije koji su u svojoj osnovi varijabilni, osiguranje stabilne i učinkovite mreže postaje sve teže. Električna energija iz obnovljivih izvora konstantno povećava svoj udio u mreži uzrokujući smanjenje proizvodnje iz izvora kao što je npr. ugalj. Inercija mreže se posljedično smanjuje što dovodi do problema u obliku nestabilne i mreže podložne nestanku električne energije. Primjenom tehnologije

senzora u solarnim i vjetroelektranama producira se ogromna količina podataka u stvarnom vremenu. Velika količina podataka je upravo ono što je potrebno da omogućujući vještačkoj inteligenciji da predvidi potrebne nivoe kapaciteta i generira precizne prognoze. Zbog svega navedenog od krucijalnog značaja da mrežni operateri, programeri i potrošači koriste tehnologije vještačke inteligencije kako bi osigurali put prijelazu na sve masovniju upotrebu obnovljivih izvora energije. Već je ranije ukazano da vještačka inteligencija pruža preciznija predviđanja potražnje i upravljanja distribucijom energije, a velika sposobnost automatizacije omogućava operativnu izvrsnost što rezultira povećanjem konkurentne prednosti i štednjom energije. Vještačka inteligencija omogućava da se oslobodi ogroman potencijal obnovljivih izvora energije i da oni postanu isplativija alternativa tradicionalnim izvorima energije. Elektroenergetska mreža jedan od najsloženijih postrojenja ikada izgrađenih i bavi se rješavanjem složenih problema i izvršavanjem kompleksnih zadataka. Takođe veliki izazov predstavlja i donošenje važnih odluka u kratkim vremenskim intervalima. Vještačka inteligencija je superiornija od ljudi kada je riječ o brzom izvršavanju pomenutih kompleksnih zadataka, a zbog ogromne brzine u procesuiranju podataka sposobna je da ekstremno skрати vrijeme u pogledu donošenja važnih odluka.



Shema 4: Automatizovana kontrola i predviđanje u stvarnom vremenu uz pomoć vještačke inteligencije

Vještačka inteligencija potiče prijelaz na čistu energiju u mnogim područjima od kojih su neka sljedeća:

- istraživanje i planiranje- VI se koristi za identifikaciju lokacija sa najvećim potencijalom (solarne farme, vjetroelektrane, geotermalne elektrane). U tu svrhu se tehnikama vještačke inteligencije vrši analiza velikih skupova podataka iz satelitskih slika, raznih senzora i drugih izvora.
- optimizacija performansi-jedan od primjera upotrebe vještačke inteligencije za optimizaciju performansi je analiza podataka za određivanje optimalnog ugla

vjetroturbina kako bi se ostvarila maksimalna učinkovitost i iskoristivost i vjetra koji pokreće turbinu.

- predviđanje proizvodnje energije- vještačka inteligencija je sposobna velikom brzinom analizirati ogromne količine podataka iz heterogenih izvora (vremenska prognoza, satelitske slike) kako bi ponudila što preciznije informacije za predviđanje proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora.
- sigurnost-primjena tehnologija vještačke inteligencije od velikog je značaja za proaktivno održavanje postrojenja kao i za predviđanje vjerovatnoće nastanka prirodnih katastrofa. To omogućuje da se smanje eventualne štete na postrojenjima kao i nepredviđeni zastoji u proizvodnji električne energije.
- upravljanje otpadom i recikliranje-vještačka inteligencija nalazi svoju primjenu na način da olakšava donošenje odluka u pogledu identificiranja najvrednijih materijala za reciklažu. Takođe, olakšava i donošenje odluka u pogledu izbora optimalnih procesa reciklaže, te najboljih modela skladištenja otpada što je pogotovo važno kada se radi o opasnim vrstama otpada.

Postoje četiri glavna polja u kojima AI mogao odigrati glavnu ulogu (Tanveer i dr., 2021):

- simulacija i poboljšanje (modeliranje, planiranje i simulacija energetske sistema kao i polja kao što su kao predviđanje okoliša i brzine vjetra),
- ulaganja i tržišta (autonomnu umjetnu inteligenciju agenti tržišne interakcije i modeli ulaganja),
- održivost i sigurnost (kibernetička i fizička zaštita energetske infrastrukture) i
- usluge usmjerene na kupca (pametno upravljanje kućom, mikrogeneracija i integracija pohrane s virtualnim elektranama).

Korištenje vještačke inteligencije u oblasti proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora omogućava veći stepen dostupnosti i pristupačnosti „zelene“ energije što u konačnici rezultira boljom alternativom tradicionalnim izvorima energije.

Za uspješnu primjenu vještačke inteligencije u sektoru proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora potrebno je osigurati kvalitetne podatke, tehničku infrastrukturu kao i kvalificirane stručnjake. Takođe, potrebno je osigurati kvalitetnu edukaciju, u prvom redu izvršnog menadžmenta kako bi se na ispravan način mogle razumjeti koristi od aplikacija vještačke inteligencije.

6. ZAKLJUČAK

Napredak koji donosi upotreba vještačke inteligencije vidljiv je u svim industrijama pa tako i u elektroenergetskoj industriji. Sve je veći broj primjera upotrebe vještačke inteligencije u kompanijama koje se bave proizvodnjom električne energije s ciljem omogućavanja bolje energetske učinkovitosti, lakšeg nadzora i upravljanja kao i pomoći u donošenju odluka. U radu je dat pregled ključnih modela primjene vještačke inteligencije u proizvodnji električne energije. Može se zaključiti da primjena tehnologija vještačke inteligencije u energetici može poboljšati efikasnost distribucije i optimizirati korištenje električne energije te pojednostaviti tok rada što rezultira uštedama u ukupnoj potrošnji energije. Energetske kompanije motivirane su da koriste tehnologije vještačke inteligencije jer im one omogućavaju lakše prikupljanje podataka o potrošnji energije bilo kojeg uređaja na mreži, što im daje mogućnost da na osnovu prikupljenih podataka razvijaju i implementiraju različite projekte energetske učinkovitosti. Primjena tehnologija vještačke inteligencije takođe utiče na povećanje stepena korištenja čistih

obnovljivih izvora energije u energetske mrežama na globalnom nivou. Osim toga, uz pomoć aplikacija vještačke inteligencije elektroenergetske kompanije su u mogućnosti da se više fokusiraju na povezivanje sa krajnjim potrošačima kako bi ostvarile bolju povezanost s njima i ponudili kvalitetnije usluge.

Literatura

1. Akhtar, S.; Sujod, M.Z.B.; Rizvi, S.S.H.(2022) *An Intelligent Data-Driven Approach for Electrical Energy Load Management Using Machine Learning Algorithms*. *Energies* 2022, 15, 5742.
2. Boza, P., Evgeniou, T. (2021), *Artificial intelligence to support the integration of variable renewable energy sources to the power system*, *Applied Energy*, Volume 290.
3. Dreher, A., et. all.(2022), *AI agents envisioning the future: Forecast-based operation of renewable energy storage systems using hydrogen with Deep Reinforcement Learning Energy Conversion and Management*, Volume 258,
4. Du, Y., Li, F.,I (2020) *Intelligent Multi-Microgrid Energy Management Based on Deep Neural Network and Model-Free Reinforcement Learning*, *IEEE Trans. Smart Grid*, 11 (2), pp. 1066-1076
5. Gupta, V. (2018), *Artificial Intelligence (AI) Applications and Techniques in Smart Grid*, *ISGW 2018 Compendium of Technical Papers*, Springer Singapore
6. Idries, A.; Krogstie, J.; Rajasekharan, J. *Dynamic Capabilities in Electrical Energy Digitalization: A Case from the Norwegian Ecosystem*. *Energies* 2022,
7. Karve, S., Dutta, P. (2022), *Artificial Intelligence in Cyber Security*, *REST Journal on Emerging trends in Modelling and Manufacturing*, Vol: 8(2)
8. Kumar, K.P., Saravanan, B. (2017), *Recent techniques to model uncertainties in power generation from renewable energy sources and loads in microgrids – A review* *Renew. Sustain. Energy Rev.*, pp. 348-358.
9. Minh, Q.N., et.all. (2022), *Edge Computing for IoT-Enabled Smart Grid: The Future of Energy*. *Energies* 2022, 15, 6140.
10. Poudel, S., Dhungana, U. (2022), *Artificial intelligence for energy fraud detection: a review*, *International Journal of Applied Power Engineering (IJAPE)*Vol. 11, No. 2, pp. 109-119
11. Singh, P., Lather, J.S. (2020), *Artificial neural network-based dynamic power management of a DC microgrid: a hardware-in-loop real-time verification*, *Int. J. Ambient Energy*, 0 (0), pp. 1-9.
12. Tanveer, A., et.all. (2021), *Artificial intelligence in sustainable energy industry: Status Quo,challenges and opportunities*, *Journal of Cleaner Production*, No 289
13. Trivedi,R., Khadem, S (2022), *Implementation of artificial intelligence techniques in microgrid control environment: Current progress and future scopes*, *Energy and AI*, Volume 8, May 2022
14. Wu,N., Wang, H.,(2018), *Deep learning adaptive dynamic programming for real time energy management and control strategy of micro-grid*, *J. Clean. Prod.*, 204 (2018), pp. 1169-1177