

Primena veštačke inteligencije na terminal za daljinsko upravljanje stanice za punjenje električnih vozila koja se napaja iz obnovljivih izvora električne energije

Jovan Vujasinović i Goran Savić

Apstrakt— U ovom radu je opisana primena veštačke inteligencije na terminal za daljinsko upravljanje stanice za punjenje električnih vozila, koja se napaja iz obnovljivih izvora električne energije. Kako terminal omogućava daljinsko upravljanje punjačima električnih vozila, pametnim baterijama, pametnim brojlama, fiskalnim kasama i eventualno daljinsko upravljanje obnovljivim izvorom električne energije i drugim uređajima u okviru objekta, neophodno je definisati i razraditi odgovarajući algoritam upravljanja radom terminala. U ovom radu je razmatrana realizacija tog upravljanja primenom veštačke inteligencije. Na ovaj način ovakve stanice za punjenje električnih vozila postaju potpuno autonomne u svom radu, i daju optimalne rezultate, što podiže njihovu dostupnost korisnicima električnih vozila. To potencijalno podstiče povećanje obima korišćenja električnih vozila za koje se energija obezbeđuje iz obnovljivih izvora, čime se smanjuje stepen zagađenja vazduha kao i negativni efekti koje ono sa sobom donosi.

Ključne reči— Veštačka inteligencija; punjači električnih vozila; obnovljivi izvori energije.

I. UVOD

Povećanje broja proizvedenih i korišćenih električnih vozila, ima za cilj smanjenje zagađenja životne sredine i štetnih efekata koje ono sa sobom nosi, a koji su posledica emisije štetnih gasova vozila na dizel i benzinski pogon. Međutim, preduslov da bi upotreba vozila na električni pogon zaista doprinela smanjenju zagađenja životne sredine, je da električna energija koja se koristi za punjenje električnih vozila bude proizvedena iz izvora koji ne zagađuju životnu sredinu, tj. iz obnovljivih izvora električne energije. To dovodi i do neminovnog razvoja infrastrukture za punjenje električnih vozila, što se ogleda i u stalnom povećanju broja stanica za punjenje električnih vozila koje se napajaju iz obnovljivih izvora električne energije [1].

Povećanje dostupnosti stanica za punjenje električnih vozila, kako korisnicima električnih vozila, tako i operaterima elektrodistribucije, snabdevača i poreske uprave, kao i vlasnicima i korisnicima same stanice, ostvaruje se integracijom u jedan veći sistem, zahvaljujući kojem se postiže

ušteda vremena i novca, i efikasnija upotreba elektrodistributivne mreže. Da bi se ostvarile funkcionalnosti tog sistema, koje su od značaja svim korisnicima, realizovano je daljinsko upravljanje stanice za punjenje električnih vozila. Ključni uređaj koji omogućava pomenuto daljinsko upravljanje je terminal za daljinsko upravljanje stanice za punjenje električnih vozila koja se napaja iz obnovljivih izvora električne energije. Proces upravljanja je zasnovan na primeni naprednih algoritama veštačke inteligencije, čija je primena na terminal za daljinsko upravljanje stanice za punjenje električnih vozila prezentovana u ovom radu.

U Sekciji II ovog rada je opisana arhitektura sistema za daljinsko upravljanje stanice za punjenje električnih vozila koja se napaja iz obnovljivih izvora električne energije, u Sekciji III je data kategorizacija stanica i terminala, u Sekciji IV je predstavljena veštačka inteligencija, u Sekciji V je opisano mašinsko učenje, u Sekciji VI je razmatrana primena veštačke inteligencije na terminal, dok Sekcija VII predstavlja kratak zaključak.

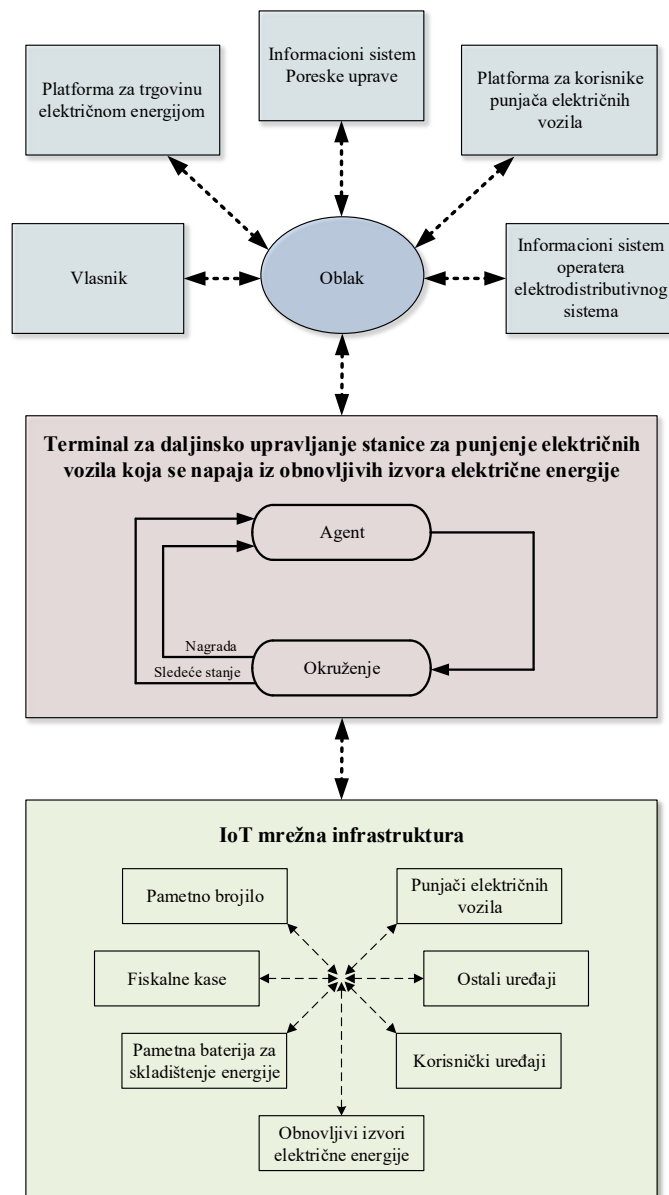
II. ARHITEKTURA SISTEMA

Blok šema arhitekture sistema za daljinsko upravljanje stanice za punjenje električnih vozila koja se napaja iz obnovljivih izvora električne energije [2] je prikazana na Sl. 1. Terminal za daljinsko upravljanje stanice za punjenje električnih vozila, koji predstavlja osnovnu komponentu sistema, je povezan sa punjačima električnih vozila, pametnom baterijom za skladištenje energije, obnovljivim izvorima električne energije, pametnim brojilom, fiskalnim kasama, korisničkim uređajima i ostalim uređajima, pomoću IoT mrežne infrastrukture. Pored toga, terminal za daljinsko upravljanje stanice za punjenje električnih vozila je povezan i sa oblakom preko internet veze, čime je omogućeno da se podaci dobijeni od punjača električnih vozila, pametne baterije za skladištenje energije, obnovljivih izvora električne energije, pametnog brojila i fiskalnih kasa, prate, skladište i obrađuju. Pristup tim podacima je omogućen sledećim platformama: platformi za korisnike punjača električnih vozila, platformi za trgovinu električnom energijom, informacionom sistemu operatera elektrodistributivnog sistema i informacionom sistemu Poreske uprave. Platforma za korisnike punjača električnih vozila omogućava vlasnicima električnih vozila da dobiju sve potrebne informacije o punjačima električnih vozila. Platforma za trgovinu

Jovan Vujasinović – Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Bulevar Kralja Aleksandra 73, 11120 Beograd, Srbija (e-mail: jovan.vujasinovic@vfholding.rs).

Goran Savić – Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Bulevar Kralja Aleksandra 73, 11120 Beograd, Srbija (e-mail: gsavic@etf.rs).

električnom energijom omogućava obavljanje trgovine električnom energijom koja je raspoloživa u sistemu. Takođe, pristup podacima u oblaku imaju i vlasnici stanica za punjenje električnih vozila. Ti podaci se procesiraju primenom algoritama veštačke inteligencije, čime se ostvaruje efikasna upotreba distributivne mreže uz korišćenje inovativnih pametnih energetskih usluga, kao i značajne uštede u celom sistemu.



Sl. 1. Blok šema arhitekture sistema za daljinsko upravljanje stanice za punjenje električnih vozila koja se napaja iz obnovljivih izvora energije.

III. KATEGORIJE STANICA I TERMINALA

Stanice za punjenje električnih vozila koje se napajaju iz obnovljivih izvora električne energije možemo kategorisati na rezidencijalne, komercijalne i industrijske stanice [3]. Isto tako, prema tipu stanice kod koje se primenjuje, terminale možemo podeliti na light, standard i extended terminale [4].

Rezidencijalne stanice su namenjene za kućnu upotrebu, samo za potrebe domaćinstva. U okviru ove stanice očekuje se instalacija 1-2 punjača za električna vozila. Potrebe ovakvih stanica mogu se pokriti samo korišćenjem solarnih obnovljivih izvora. Kod ovih stanica koristi se light terminal koji ima najjednostavniji hardver i softver, a ceo sistem za upravljanje ovakvom stanicom je vrlo sličan sa sistemom za upravljanje energijom u domaćinstvima.

Komercijalne stanice su male i srednje stanice za punjenje električnih vozila koje imaju visoku frekvenciju punjenja vozila. Obično su to stanice namenjene prodaji električne energije vlasnicima električnih vozila, kao što su srednje stanice koje će eventualno zameniti postojeće benzinske pumpe sa 10-20 punjača, manje stanice u domaćinstvima sa 1-2 punjača za ovu namenu, kao i kao stanice na manjim parkiralištima sa do 20 punjača. Potrebe ovakvih stanica ne mogu se pokriti korišćenjem samo solarnih obnovljivih izvora. Gde geografsko područje dozvoljava, ima smisla koristiti vetrogenerator. Moguća je upotreba generatora na biomasu, ako prostorni kapaciteti to dozvoljavaju, što bi prvo mogao biti slučaj u ruralnim područjima. U urbanim sredinama, u mnogim mestima jedini način da se nadoknadi nedostatak električne energije je preuzimanje energije iz elektro distributivne mreže. Kod ovih stanica koristi se standard terminal koji ima složeniji hardver i softver, a ceo sistem za upravljanje ovakvom stanicom je složeniji od sistema za upravljanje energijom u domaćinstvima..

Industrijske stanice su velike stanice za punjenje električnih vozila namenjene za opsluživanje flote električnih vozila od nekoliko stotina komada. U ovu grupu stanica spadaju stanice kod proizvođača električnih vozila, stanice kod velikih drumskih prevoznika i stanice na masovnim parkiralištima kao što su garaže, tržni centri itd. Slično komercijalnim stanicama, potrebe ovakvih stanica ne mogu se pokriti korišćenjem samo obnovljivih izvora električne energije, a često jedini način da se nadoknadi nedostajuća električna energija je preuzimanje iste iz elektro distributivne mreže. Kod ovih stanica koristi se extended terminal, koji ima najsloženiji hardver i softver.

IV. VEŠTAČKA INTELIGENCIJA

Veštačka inteligencija se može definisati kao sposobnost digitalnog računara ili kompjuterski kontrolisanog robota da obavlja zadatke koji se obično povezuju sa inteligentnim bićima [5]. Izraz se često primenjuje na projekat razvoja sistema obdarenih intelektualnim procesima karakterističnim za ljude, kao što je sposobnost rasuđivanja, otkrivanja značenja, generalizacije ili učenja iz prethodnog iskustva. Psiholozi generalno ne karakterišu ljudsku inteligenciju samo jednom osobinom, već kombinacijom mnogih različitih sposobnosti. Istraživanja u oblasti veštačke inteligencije su se uglavnom fokusirala na sledeće komponente inteligencije: učenje, rasuđivanje, rešavanje problema, percepciju i korišćenje jezika. Pored ovih osnovnih komponenti, mogu se naći istraživanja koja se bave i razvojem mašina koje imaju sledeće sposobnosti: planiranje, predstavljanje znanja, kretanje, socijalna inteligencija i opšta inteligencija.

Rasuđivanje znači izvođenje zaključaka koji odgovaraju situaciji. Zaključci se klasifikuju kao deduktivni ili induktivni.

Najznačajnija razlika između ovih oblika rezonovanja je u tome što u deduktivnom slučaju istinitost premisa garantuje istinitost zaključka, dok u induktivnom slučaju istinitost premise daje podršku zaključku bez da daje apsolutnu sigurnost. Postignut je značajan uspeh u programiranju računara za izvođenje zaključaka, posebno deduktivnih zaključaka. Međutim, pravo rezonovanje uključuje više od samog izvođenja zaključaka; podrazumeva izvođenje zaključaka relevantnih za rešenje konkretnog zadatka ili situacije. Ovo je jedan od najtežih problema sa kojima se veštačka inteligencija suočava.

Rešavanje problema, posebno u veštačkoj inteligenciji, može se okarakterisati kao sistematsko traženje niza mogućih radnji u cilju dostizanja nekog unapred definisanog cilja ili rešenja. Metode rešavanja problema dele se na metode posebne namene i metode opšte namene. Metoda posebne namene je skrojena za određeni problem i često koristi veoma specifične karakteristike situacije u kojoj je problem ugrađen. Nasuprot tome, metoda opšte namene je primenljiva na širok spektar problema. Mnogi različiti problemi rešeni su programima veštačke inteligencije. Neki primeri su pronalaženje pobjedničkog poteza (ili niza poteza) u igri na ploči, osmišljavanje matematičkih dokaza i manipulacija „virtuelnim objektima“ u kompjuterski generisanom svetu.

Percepciju možemo opisati kao skeniranje okoline pomoću različitih čulnih organa, stvarnih ili veštačkih, i razlaganje scene na zasebne objekte u različitim prostornim odnosima. Analiza je komplikovana činjenicom da objekat može izgledati drugačije u zavisnosti od ugla iz kojeg se posmatra, pravca i intenziteta osvetljenja u sceni i koliko je objekat u kontrastu sa okolnim poljem. Mašinsku percepciju [6] možemo definisati kao sposobnost da se koriste ulazni signali sa senzora (kao što su kamere, mikrofoni, bežični signali, sonar, radar i taktilni senzori) da bi se zaključili aspekti sveta, odnosno okruženja. Aplikacije uključuju i prepoznavanje govora, prepoznavanje lica i prepoznavanje objekata. Trenutno je veštačka percepcija dovoljno napredna da omogući optičkim sensorima da identifikuju pojedince, autonomnim vozilima da voze umerenom brzinom na otvorenom putu i robotima da lutaju kroz zgrade skupljajući prazne limenke soda.

Korišćenje jezika omogućava mašinama da čitaju i razumeju ljudski jezik. Dovoljno moćan sistem za obradu ljudskog jezika bi omogućio korisničke interfejsne na ljudskom jeziku i sticanje znanja direktno iz izvora pisanih od strane ljudi, kao što su tekstovi i vesti. Neke jednostavne primene korišćenja jezika uključuju pronalaženje informacija, odgovaranje na pitanja i mašinsko prevođenje [7].

Planiranje omogućava računaru da predviđa kako će ga njegove akcije promeniti i da donosi odluke koji maksimiziraju korist iz dostupnih izbora [8]. U klasičnim problemima planiranja, računar može pretpostaviti da je on jedini sistem koji deluje na svetu, dozvoljavajući sebi da bude siguran u posledice svojih akcija. Međutim, ako računar nije jedini akter, onda to zahteva da agent razmišlja u neizvesnosti, i kontinuirano ponovo procenjuje svoje okruženje i prilagođava se. Planiranje sa više računara koristi saradnju i konkurenciju mnogih računara za postizanje zadatog cilja.

Predstavljanje znanja i inženjering znanja [6] omogućavaju programima veštačke inteligencije da inteligentno odgovaraju na pitanja i donose zaključke o činjenicama iz stvarnog sveta. Reprerentacija „onog što postoji“ je ontologija: skup objekata, relacija, koncepata i svojstava formalno opisanih tako da softverski programi mogu da ih tumače. Najopštije ontologije se nazivaju gornje ontologije, koje pokušavaju da obezbede osnovu za sva druga znanja i deluju kao posrednici između ontologija domena koje pokrivaju specifično znanje o određenom domenu znanja.

Kretanje se u velikoj meri koristi u robotici [6]. Lokalizacija je način na koji robot zna svoju lokaciju i mapira svoje okruženje. Kada se dobije malo, statičko i vidljivo okruženje, ovo je lako; međutim, dinamična okruženja, kao što je (u endoskopiji) unutrašnjost tela koje diše, predstavljaju veći izazov.

Razvoj sposobnosti socijalne inteligencije je interdisciplinarna oblast koji obuhvata sisteme koji prepoznaju, tumače, obrađuju ili simuliraju ljudska osećanja, emocije i raspoloženje [9]. Na primer, neki virtuelni asistenti su programirani da pričaju razgovorno ili čak da se šale na duhovit način; to čini da izgledaju osetljiviji na emocionalnu dinamiku ljudske interakcije ili da na drugi način olakšaju interakciju između čoveka i računara.

Mašina sa opštom inteligencijom može rešiti širok spektar problema sa širinom i svestranošću sličnom ljudskoj inteligenciji. Postoji nekoliko konkurentnih ideja o tome kako razviti veštačku opštu inteligenciju.

V. MAŠINSKO UČENJE

Mašinsko učenje je disciplina veštačke inteligencije koja se bavi implementacijom kompjuterskih softvera koji su u stanju da samostalno uče [10]. Kako bi mogli da predviđaju ili donose odluke, algoritmi mašinskog učenja grade model zasnovan na uzorku podataka, poznatih kao podaci o obuci. Podskup mašinskog učenja je usko povezan sa statistikom, ali nije svako mašinsko učenje statističko učenje. Pretraga podataka, odnosno praksa analize velikih baza podataka u cilju generisanja novih informacija, je srodna oblast proučavanja, koja se fokusira na istraživačku analizu podataka.

Generalno, algoritmi mašinskog učenja se koriste za predviđanje ili klasifikaciju [11]. Na osnovu nekih ulaznih podataka, koji mogu biti označeni ili neoznačeni, algoritam će proizvesti procenu o obrascu u podacima. Zatim se vrši procena takvog predviđanja. Ako postoje poznati primeri, funkcija greške može da napravi poređenje da proceni tačnost predviđanja. Ako predviđanje može bolje da se uklopi u tačke podataka u skupu za obuku, onda se odgovarajući koeficijenti prilagođavaju da bi se smanjila neslaganja između poznatog primera i procene. Algoritam će ponoviti ovaj proces evaluacije i optimizacije, samostalno ažurirajući koeficijente dok se ne dostigne prag tačnosti.

Mašinsko učenje se može klasifikovati na: nadgledano, nenadgledano i polunadgledano učenje, kao i pojačano učenje. Učenje pod nadzorom, takođe poznato kao nadgledano mašinsko učenje, definisano je upotrebom označenih skupova podataka za obuku algoritama koji klasifikuju podatke ili tačno predviđaju ishode. Kako se ulazni podaci unose u

model, on prilagođava svoje koeficijente dok se model ne uklopi na najbolji mogući način. Učenje bez nadzora, poznato i kao nenadgledano mašinsko učenje, koristi algoritme mašinskog učenja za analizu i grupisanje neoznačenih skupova podataka. Ovi algoritmi otkrivaju skrivene obrasce ili grupisanje podataka bez potrebe za ljudskom intervencijom. Njegova sposobnost da otkrije sličnosti i razlike u informacijama čini ga idealnim rešenjem za istraživačku analizu podataka, strategije unakrsne prodaje, segmentaciju kupaca, prepoznavanje slika i obrazaca. Polu-nadgledano učenje nudi optimalan odnos između učenja pod nadzorom i učenja bez nadzora. Tokom obuke, koristi manji skup označenih podataka da vodi klasifikaciju i izdvajanje karakteristika iz većeg, neoznačenog skupa podataka. Polu-nadgledano učenje može da reši problem nedostatka označenih podataka (ili nemogućnosti da priuštite da označite dovoljno podataka) za obuku algoritma za učenje pod nadzorom. Pojačano učenje je model mašinskog učenja ponašanja koji je sličan nadgledanom mašinskom učenju, ali algoritam nije obučen korišćenjem uzoraka podataka. Ovaj model uči koristeći pokušaje i greške. Niz uspešnih ishoda će biti pojačan kako bi se razvila najbolja preporuka ili politika za dati problem.

Neke metode koje se koriste u mašinskom učenju uključuju neuronske mreže, Bajesove mreže, linearnu regresiju, logističku regresiju, slučajnu šumu (drvo odlučivanja), mašinu vektora podrške (SVM), grupisanje k-srednjih vrednosti, metode verovatnoće klasterisanja i još mnogo toga. Metoda neuronske mreže imitira rad biološkog mozga.

VI. PRIMENA VEŠTAČKE INTELIGENCIJE NA TERMINAL

U radu koji daje pregled stanja u oblasti sistema upravljanja energijom u domaćinstvu [12] može se uočiti da između ostalih postoje i grupe radova koji se bave primenom veštačke inteligencije u toj oblasti. Uvidom u to, možemo uočiti da se najviše primenjuje pojačano učenje. Ovo saznanje se takođe odnosi i na sistem za daljinsko upravljanje stanicom za punjenje električnih vozila, iz razloga što je *light* varijanta terminala namenjena za korišćenje kod rezidencijalne stanice za punjenje električnih vozila. Rezidencijalna stanica za punjenje električnih vozila predstavlja sistem upravljanja energijom u domaćinstvu. Pored rezidencijalne stanice, postoje i komercijalne i industrijske stanice, kod kojih se koriste dosta složenije *standard* i *extended* varijanta terminala. Ipak, zbog njihove sličnosti sa *light* varijantom terminala, možemo reći da se i na njih odnosi gore pomenuto saznanje. Dakle, generalno za rad terminala za daljinsko upravljanje najzgodnije je primeniti pojačano učenje. Iz svega prethodno rečenog sledi da možemo u daljem tekstu dati pregled glavnih zaključaka iz primene tehnika mašinskog učenja, odnosno tehnika pojačanog učenja na sisteme upravljanja energijom u domaćinstvu, jer su oni potpuno primenljivi i dobra polazna osnova za primenu istih tehnika na terminal za daljinsko upravljanje stanicom za punjenje električnih vozila, koja se napaja iz obnovljivih izvora električne energije.

Kod upravljanja energijom u domaćinstvu, glavni cilj je optimizacija, odnosno minimiziranje ukupne potrošnje električne energije i smanjenje računa za struju u pametnoj kući [13], kao i optimalan plasman električne energije

dobijene iz obnovljivih izvora, ako su oni primenjeni. Tipičan sistem upravljanja se ne može uspešno prilagoditi raznim uređajima sa različitim složenošću rasporeda, niti je prikladan za primenu u realnom vremenu. Algoritmi pojačanog učenja (RL) su u poslednje vreme predloženi kao potencijalni kandidati za rešavanje ovih problema zbog njihove prilagodljivosti i sposobnosti da nauče prioritete i navike kupaca i optimizuju upravljanje ovakvim energetskim sistemima koji su često podložni različitim ulazima kao što su dinamičke cene električne energije, podaci meteorološke prognoze (sunce, vetar,...) i obrasci potrošnje energije (ponašanje korisnika). RL se smatra tipom algoritma sa mašinskim učenjem za donošenje odluka u stohastičkom okruženju. Ne zahteva matematički model i pogodan je za složene aplikacije u realnom vremenu. RL algoritam ima šest parametara, a to su agent, okruženje, skup stanja S , skup akcija A , nagrade R i vrednost akcije $Q(s,a)$. Generalno, RL agent je u interakciji sa okruženjem kao što je prikazano na Sl. 1 u samom bloku terminala.

Prva upotreba pojačanog učenja za upravljanje energijom kod kuće opisana je u [14], gde se neuronska mreža koristi za kontrolu grejanja, ventilacije, klimatizacije (HVAC) i osvetljenja kako bi se smanjila nelagodnost korisnika i smanjili troškovi energije. Pored toga, postoje i radovi u kojima se koristi pojačano učenje za planiranje uključivanja/isključivanja uređaja kao odgovor na signale o cenama. To praktično znači pomeranje određenih fleksibilnih opterećenja, što omogućava minimiziranje troškova za potrošnju električne energije, tako što ne se prelazi određeni prag snage a bez izazivanja nezadovoljstva korisnika zbog odlaganja rada uređaja. Pojačano učenje primenjuje se takođe i na realizaciju različitih funkcija koje mere nezadovoljstvo korisnika kada uređaji ne uspeju da obave traženi zadatak u potrebnom vremenu. Od početka dosta je primenjivana metoda neuronske mreže [15,16], a u poslednje vreme prilično se primenjuje i metoda nazvana Q-učenje.

Algoritmi Q-učenja su RL tehnike koje su usvojene da bi se stekla optimalna politika određivanja akcija koje agent preuzima. Na osnovu primljene nagrade, agent je u stanju da optimizuje svoju politiku određivanja akcija koje treba preuzeti, i time maksimizira ukupne nagrade koje će dobiti u budućnosti. To se postiže ažuriranjem odgovarajućih koeficijenata prilikom svake iteracije, kako bi se optimizovale performanse agenta. U zavisnosti od složenosti arhitekture konkretnog sistema, moguće je i optimizaciju upravljanja energijom rešiti direktno primenom Q-učenja [13], ili primeniti Q-učenje za razbijanje glavnog problema na podzadatke koji se zatim rešavaju nezavisno korišćenjem RL [17].

Pored navedenih mogućih primena tehnika veštačke inteligencije na rešavanje glavnog problema optimizacije upravljanja energijom u ovakvim sistemima, postoje i primene u kojima se glavni problem optimizacije upravljanja energijom rešava primenom neke druge tehnike za upravljanje energije, ali se veštačka inteligencija koristi kao pomoćna metoda za predviđanje ulaznih parametara [18,19].

VII. ZAKLJUČAK

U ovom radu je razmatrana primena veštačke inteligencije

na terminal za daljinsko upravljanje stanice za punjenje električnih vozila, koja se napaja iz obnovljivih izvora energije. Prvo je prikazana arhitektura kompletnog sistema za daljinsko upravljanje stanice. Zatim je dat i pregled komponenti inteligencije koje su dosada istraživači pokušali da implementiraju u mašinama. Posebno je prikazana komponenta mašinsko učenje sa klasifikacijom i metodama koje se koriste. Potom je dat pregled primene veštačke inteligencije u oblasti sistema za upravljanje energijom u domaćinstvima. Uzevši u obzir određene sličnosti ovakvih sistema sa sistemima za daljinsko upravljanje stanicom za punjenje električnih vozila, koja se napaja iz obnovljivih izvora električne energije, zaključeno je da u ovom trenutku na terminal za daljinsko upravljanje ovakvom stanicom najviše smisla ima primeniti tehniku pojačanog učenja, i to tzv. metodu Q-učenja. Konkretna primena ove metode može biti predmet daljeg rada.

LITERATURA

- [1] P. Arunkumar, K. Vijith, "IOT Enabled Smart Charging Stations for Electric Vehicle," *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, vol. 119, no. 7, pp. 247-252, 2018.
- [2] J. Vujasinović, G. Savić, Ž. Đurišić, "Arhitektura sistema za daljinsko upravljanje stanice za punjenje električnih vozila koja se napaja iz obnovljivih izvora energije," 64. konferencija za elektroniku, telekomunikacije, računarstvo, automatiku i nuklearnu tehniku (ETRAN), pp. 302-306, Novi Sad, Srbija, Septembar 2020.
- [3] Jovan Vujasinovic, Goran Savic, Zeljko Despotovic; „Arhitecture and Sizing of System for Remote Control of Renewable Energy Sources Powered Station for Electric Vehicles Charging“, IEEE International Energy Conference, May 2022, Riga, Litvania
- [4] Jovan Vujasinovic, Goran Savic, Milan Prokin; „Terminal for Remote Control of Renewable Energy Sources Powered Station for Electric Vehicles Charging“, 10th Mediterranean Conference on Emedded Computing, June 2021, Budva, Montenegro
- [5] <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence#ref219078>
- [6] Russell Stuart J.; Norvig Peter, "Artificial Intelligence: A Modern Approach (2nd ed.)", Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, ISBN 0-13-790395-2, 2003
- [7] Luger George; Stubblefield William, "Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving (5th ed.)", Benjamin/Cummings, ISBN 978-0-8053-4780-7, 2004.
- [8] Poole David; Mackworth Alan; Goebel Randy, "Computational Intelligence: A Logical Approach", New York: Oxford University Press. ISBN 978-0-19-510270-3, 1998.
- [9] Tao Jianhua, Tan Tieniu, "Affective Computing and Intelligent Interaction" *Affective Computing: A Review* Vol. LNCS 3784. Springer. pp. 981–995. doi:10.1007/11573548, 2005.
- [10] <https://www.britannica.com/technology/machine-learning>
- [11] <https://www.ibm.com/cloud/learn/machine-learning>
- [12] Usman Zafar, Sertac Bayhan, Antonio Sanfilippo, „Home energy management system concepts, configurations, and technologies for the smart grid“, *IEEE Access*, 10.1109/ACCESS.2020.3005244
- [13] F. Alfaverth, M. Denai, and Y. Sun, "Demand Response Strategy Based on Reinforcement Learning and Fuzzy Reasoning for Home Energy Management ", *IEEE Access*, 10.1109/ACCESS.2020.2974286, February 2020.
- [14] M. C. Mozer, "The neural network house: An environment that adapts to its inhabitants," *Assoc. Advancement Artif. Intell.*, Menlo Park, CA, USA, Tech. Rep. SS-98-02, 1998. [Online]. Available: <https://www.aaai.org/Papers/Symposia/Spring/1998/SS-98-02/SS98-02-017.pdf>
- [15] E.Matallanas,M.Castillo-Cagigal,A.Gutiérrez,F.Monasterio-Huelin, E. Caamaño-Martín, D. Masa, and J. Jiménez-Leube, "Neural network controller for active demand-side management with PV energy in the residential sector," *Appl. Energy*, vol. 91, no. 1, pp. 90–97, Mar. 2012.
- [16] B. Yuçe, Y. Rezgüi, and M. Mourshed, "ANN–GA smart appliance scheduling for optimised energy management in the domestic sector," *Energy Buildings*, vol. 111, pp. 311–325, Jan. 2016.
- [17] A. Sheikhi, M. Rayati, and A. M. Ranjbar, "Dynamic load management for a residential customer; reinforcement learning approach," *Sustain. Cities Soc.*, vol. 24, pp. 42–51, Jul. 2016.
- [18] Luis Galván, Juan M. Navarro, Eduardo Galván, Juan M. Carrasco, Andrés Alcántara, "Optimal Scheduling of Energy Storage Using A New Priority-Based Smart Grid Control Method", *Energies* **2019**, *12*, 579, doi:10.3390/en12040579 www.mdpi.com/journal/energies.
- [19] Jovan Vujasinovic, Goran Savic; „Demand Side Management and Integration of a Renewable Sources Powered Station for Electric Vehicle Charging into a Smart Grid“, 15. International Conference on Applied and Theoretical Electricity ICATE, May 2021, Craiova, Romania

ABSTRACT

Application of artificial intelligence to the terminal for remote control of renewable energy sources powered station for electric vehicles charging has been presented in this paper. As the terminal enables remote control of electric vehicle chargers, smart storage batteries, smart electricity meters, cash registers, as well as, remote control of renewable energy sources and other devices within the station for electric vehicles charging, it is necessary to define and develop an algorithm for managing the terminal. In this paper, the realization of that management using artificial intelligence is considered. In this way, such charging stations for electric vehicles become completely autonomous in their work and give optimal results, which raises their availability to users of electric vehicles. It potentially encourages an increase in the use of electric vehicles for which energy is provided from renewable sources, which reduces the degree of air pollution as well as the negative effects it brings.

Application of Artificial Intelligence to the Terminal for Remote Control of Renewable Energy Sources Powered Station for Electric Vehicles Charging

Jovan Vujasinović, Goran Savić