

Metode inteligentnog upravljanja u električnim vozilima – dio 2

sistemi upravljanja, stanice za punjenje,
Integracija sa pametnom mrežom

Nataša Popović, PhD

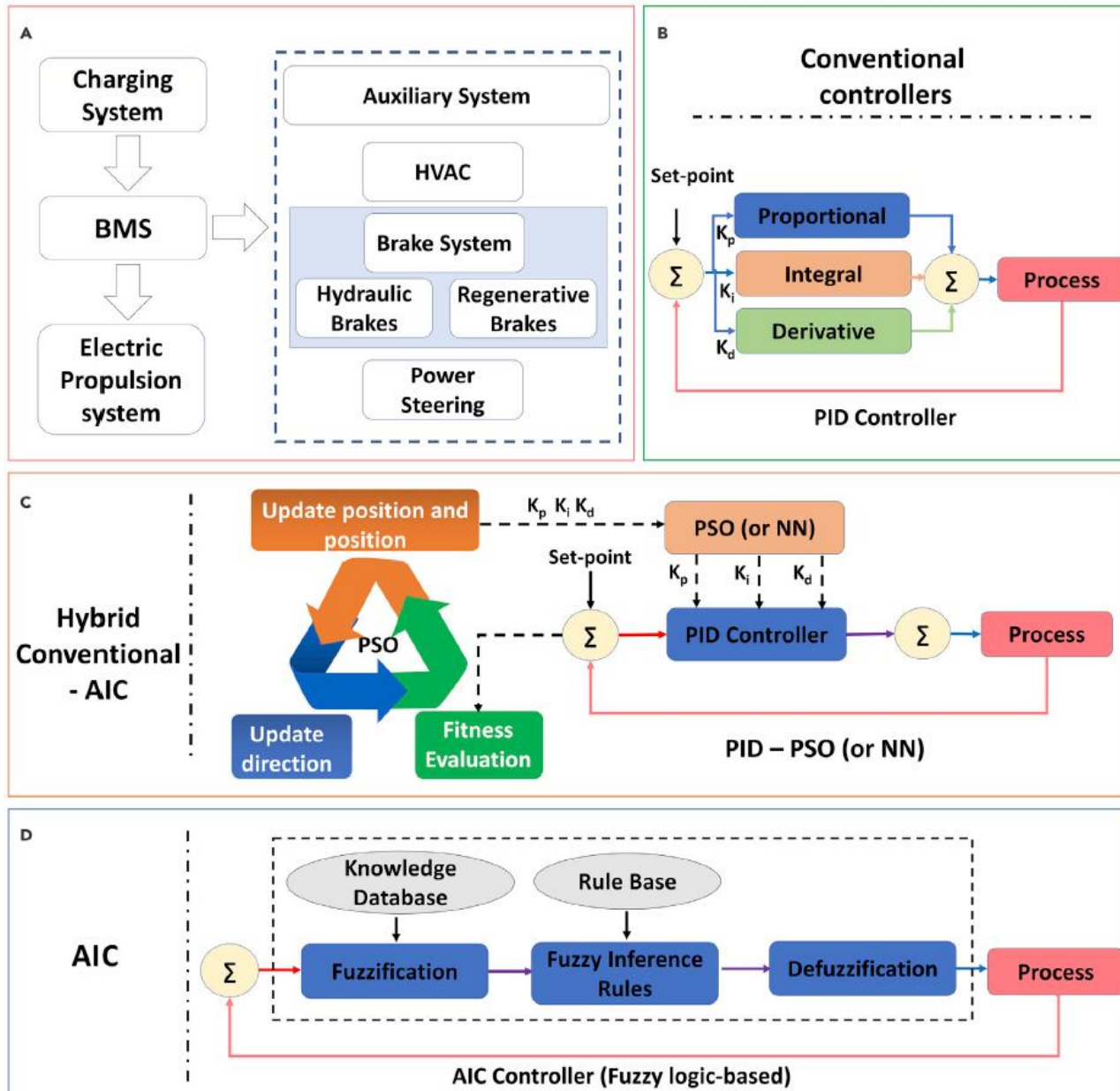
1. Vještačka inteligencija u sistemima upravljanja

- ✓ Optimalna upotreba sistema upravljanja u električnim vozilima obezbjeđuje smanjenje potrošnje energije hardverskih komponenti EV-a, uključujući servo upravljač, regenerativno kočenje i HVAC sistem.
- ✓ Upravljanje zasnovano na vještačkoj inteligenciji (AIC), koje uključuju tehnike poput fazi logike, neuronskih mreža i evolucionih algoritama, može se koristiti kao zamjena za, ili u kombinaciji sa, konvencionalnim regulatorima, kao što su PID regulatori.
- ✓ Među trenutnim strategijama optimizacije AIC predstavlja pametan izbor za projektovanje i optimizaciju upravljačkih sistema EV-a sa ciljem poboljšanja energetske efikasnosti.

1. Vještačka inteligencija u sistemima upravljanja

- ✓ Tehnike vještačke inteligencije za optimizaciju bazirane na algoritmu roja i algoritmu kolonije mrava koriste se za:
 - podešavanje ključnih parametara PID regulatora radi smanjenja greške u stacionarnom stanju i preskoka,
 - pomoć u smanjenju struje koju troši električni servo upravljač.
- ✓ Fazi regulator i neuronske mreže koriste se:
 - ✓ u HVAC sitemima,
 - ✓ pri kočenju (npr. pomjeraj pedale kočnice),
 - ✓ procjeni stanja baterije (npr. SOC i temperatura)
 - ✓ procjeni brzine kretanja,
 - ✓ u pametnoj elektroenergetskoj mreži (smart grid).

1. Vještačka inteligencija u sistemima upravljanja

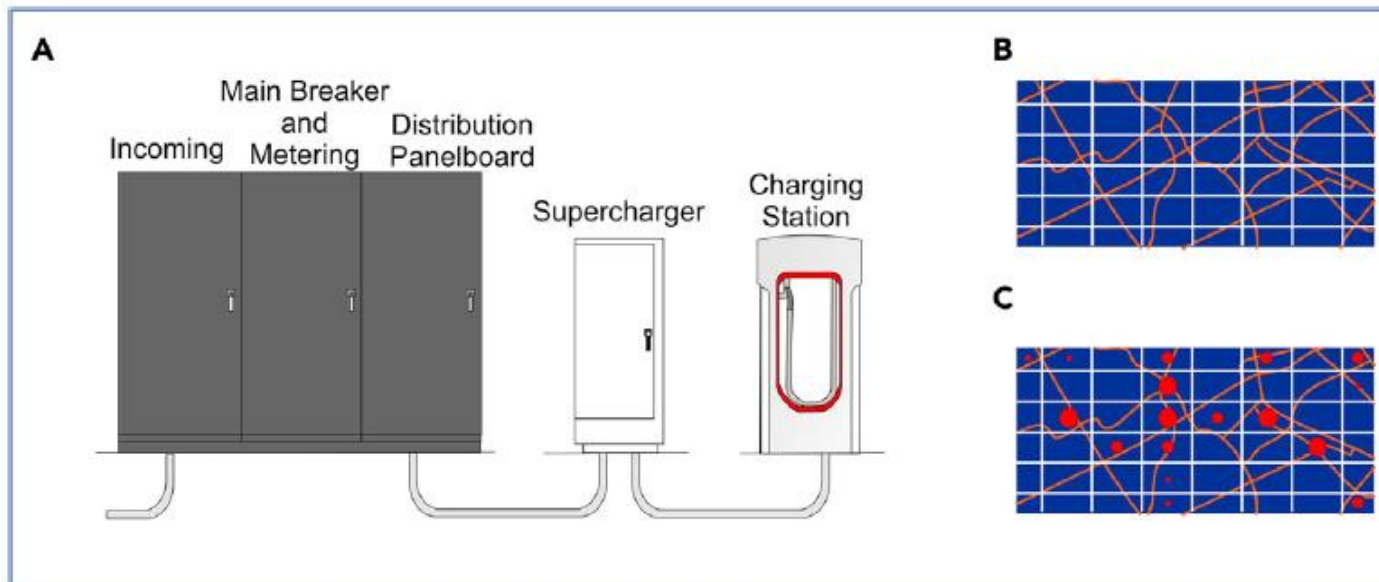


2. Vještačka inteligencija u stanicama za punjenje (EVCS)

- ✓ Optimalno postavljanje stanica za punjenje električnih vozila zavisi od više faktora, kao što su lokalna potražnja za punjačima, izvodljivost izgradnje, saobraćajna mreža i druga infrastruktura, ekonomska isplativost i bezbjednost elektroenergetske mreže.
- ✓ Optimalno postavljanje stanica za apunjenje se obično formuliše kroz kriterijumsku funkciju višestruke ciljne optimizacije (MOOP), sa ciljem minimizacije troškova ili maksimizacije sadašnje neto vrijednosti stanice.
- ✓ Mašinsko učenje se koristi za pripremu podataka ili modela za MOOP-ove, a algoritmi računarske inteligencije, uključujući algoritme rojeva i evolucione algoritme, mogu se koristiti za njihovo rješavanje.
- ✓ Postavljanje EVCS-a bez MOOP pristupa rješava se korišćenjem algoritama nadgledanja kao što su K-srednje klasterovanje (K-means), Bajesove mreže i neuronske mreže.
- ✓ Za određivanje lokacije i veličine EVCS-a mogu se koristiti modeli zasnovani na agentima gdje se različitim agentima (kao što su vlasnici EV-a, vozači EV-a i EVCS stanice) dodjeljuju različiti atributi i međusobno interaguju u simuliranom modelu u okviru određene geografske lokacije.

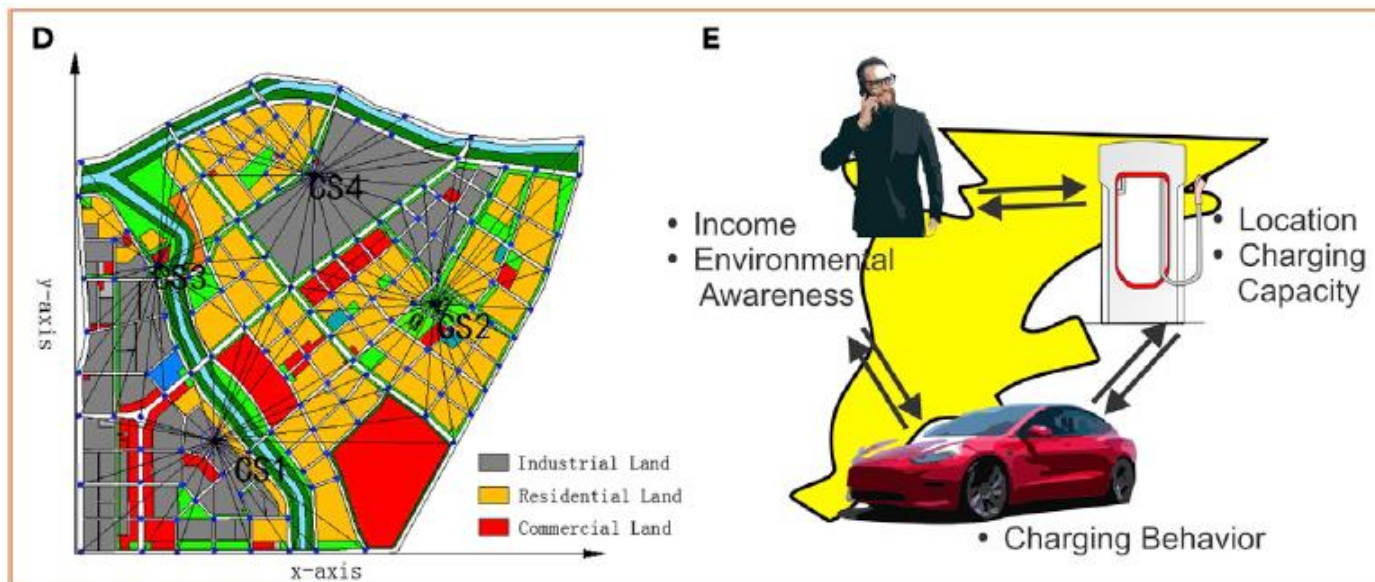
2. Vještačka inteligencija u stanicama za punjenje (EVCS)

- ✓ (A) Tesla superpunjači koji se sastoje od razvodne table, mjernih uređaja i izvora električne energije.
- ✓ (B i C) Grupisanje prostornih mapa na osnovu gustine saobraćaja i pređenog rastojanja EV-a: Za distribuciju gustine saobraćaja, podaci o saobraćaju za saobraćajne segmente unutar unaprijed definisane mreže se agregiraju i prikazuju na odgovarajućoj mreži. Kao što je prikazano, gustina saobraćaja je slikovito predstavljena crvenim krugovima. Za grupisanje na osnovu pređenog rastojanja, regioni na mapi se grupišu u skladu sa lokacijom EV-a i njegovim krajnjim destinacijama.



2. Vještačka inteligencija u stanicama za punjenje (EVCS)

- ✓ (D) Ciljevi za EVCS modelovani su kao problem višestruke ciljne optimizacije (MOOP), koji se rješava korišćenjem algoritama računarske inteligencije, pri čemu se uzimaju u obzir troškovi zemljišta i investicije u distribuciju; dok se operativni trošak smatra ograničenjem. Rješenja dobijena ovom metodom vode do Pareto-optimalnih rešenja za postavljanje EVCS.
- ✓ (E) Modelovanje zasnovano na agentima za optimalnu lokaciju EVCS: U ovom primjeru, agenti se postavljaju u geografsko okruženje i njihovi atributi (navedeni na slici) se modeluju. Dvosmjerne strelice predstavljaju interakciju između agenata.

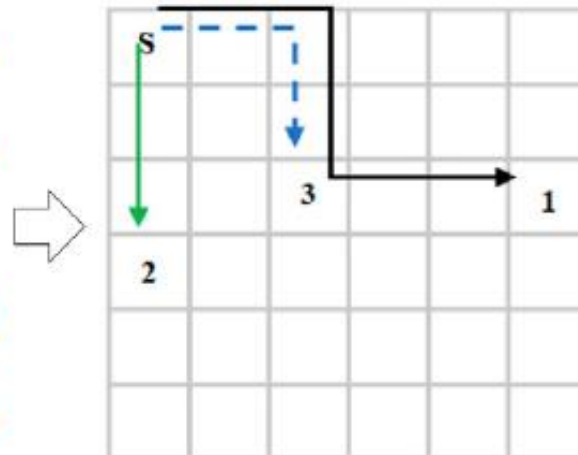


3. Vještačka inteligencija u raspodjeli energije i upravljanju zagušenjem

- ✓ Algoritmi za rutiranje zasnovani na vještačkoj inteligenciji mogu se koristiti za dodatno unapređenje efikasne upotrebe postojeće infrastrukture kao što su stanice za punjenje električnih vozila, putem raspodjele energije i upravljanja zagušenjem.
- ✓ Algoritmi mašinskog učenja, uključujući linearnu regresiju i neuronske mreže, mogu se koristiti za predviđanje ponašanja korisnika EV-a prilikom punjenja i za procjenu potrošnje energije.
- ✓ Metodologije mašinskog učenja primjenjuju se na određene geografske lokacije radi tačnog predviđanja potražnje za EVCS i potreba za punjenjem.
- ✓ Mašinsko učenje se koristi za određivanje jačine struje pri brzom punjenju litijum-jonskih baterija, uz podešavanje broja i trajanja faza punjenja.

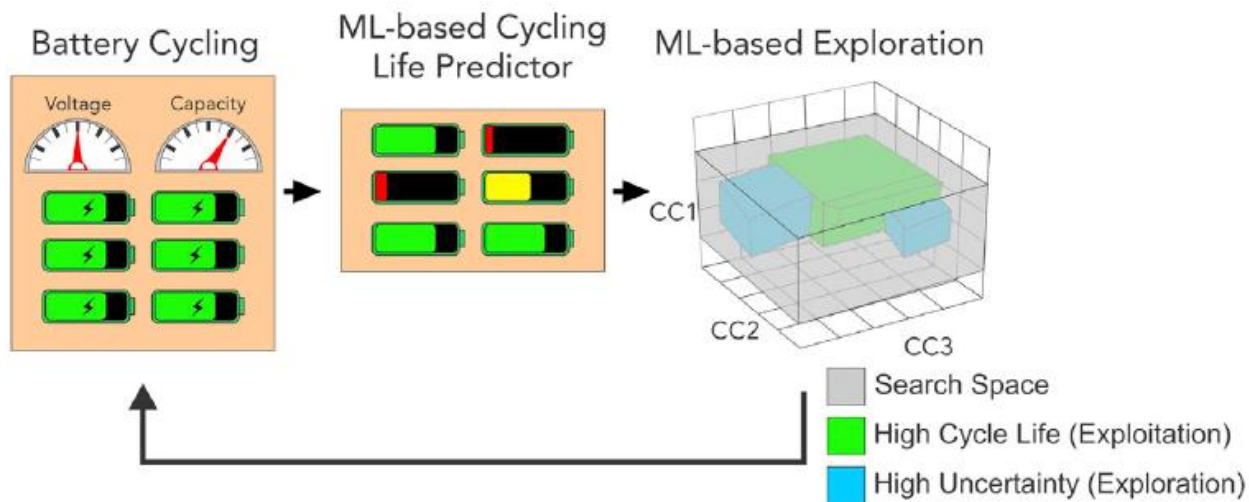
3. Vještačka inteligencija u raspodjeli energije i upravljanju zagušenjem

- ✓ Učeje podsticajem za upravljanje zagušenjem: Mapa sa tri stanice za punjenje električnih vozila prikazana je kao mreža, gdje svako električno vozilo polazi sa iste početne tačke, a relativna udaljenost između EV i EVCS se održava. Gustina saobraćaja na svakom segmentu puta takođe se mapira na odgovarajuće ćelije mreže. Algoritam optimizuje politiku upravljanja zagušenjem sa ciljem da se minimizuje ukupno vrijeme čekanja na EVCS.



3. Vještačka inteligencija u raspodjeli energije i upravljanju zagušenjem

- ✓ Bajesov model mašinskog učenja za protokol brzog punjenja: U ovom iterativnom protokolu punjenja performanse baterije se procjenjuju pomoću unaprijed definisanog algoritma mašinskog učenja. Na osnovu te rane prognoze, Bajesova optimizacija određuje naredne parametre punjenja za sljedeće cikluse u četvorostepenom protokolu punjenja. Ovaj Bajesovski algoritam, u kombinaciji sa prediktorom ranog životnog vijeka baterije, pronalazi optimalan protokol punjenja – odnosno C-stepene – za prva tri ciklusa.



3. Vještačka inteligencija u integraciji EV sa pametnom mrežom

- ✓ Pametne mreže (smart grids), za razliku od tradicionalnih sistema za distribuciju električne energije, omogućavaju dvosmjerni tok energije, sigurnu dinamičku optimizaciju tokova energije—kao što je određivanje cijene punjenja električnih vozila na osnovu ponude i potražnje električne energije—i lakšu integraciju obnovljivih izvora energije i skladištenja.
- ✓ Smjer protoka energije iz mreže ka električnim vozilima naziva se grid-to-vehicle (G2V), dok se obrnut smjer, kada EV vraća energiju u mrežu, naziva vehicle-to-grid (V2G).
- ✓ I G2V i V2G koncepti suočavaju se s brojnim tehničkim, ekonomskim, pravnim i društvenim izazovima, uključujući otpor ljudi prema V2G pristupu, komplikacije u distribuciji energije, hardverske prepreke i visoke investicione troškove.
- ✓ Jedan od uobičajenih izazova je raspodjela i distribucija energije u pametnoj mreži sa prisustvom EV.
- ✓ Algoritmi vještačke inteligencije mogu regulisati raspodjelu energije i optimizaciju koji proističu iz složene dvosmjerne interakcije između agregiranih EV sistema i sistema za proizvodnju energije iz obnovljivih izvora.
- ✓ Algoritmi vještačke inteligencije takođe mogu igrati ključnu ulogu u obezbjeđivanju stabilne distribucije energije, uzimajući u obzir nepostojanost (intermitenciju) proizvodnje iz obnovljivih izvora.

3. Vještačka inteligencija u integraciji EV sa pametnom mrežom

Optimizacija proizvodnje i distribucije električne energije

- ✓ Proizvodnja i distribucija električne energije ograničene su potrebom da se zadovolje zahtjevi potrošnje i ponude, granice proizvodnih kapaciteta, naponska ograničenja i termalni kapaciteti prenosnih vodova.
- ✓ Za optimizaciju proizvodnje i distribucije energije, istraženi su i primijenjeni algoritmi računarske inteligencije i mašinskog učenja.
- ✓ Kada je riječ o ograničenjima, pristupi zasovan na algoritmima računarske inteligencije ih mogu prvo formulisati kao problem višestruke ciljne optimizacije (MOOP), koji se zatim rješava evolutivnim algoritmima.
- ✓ MOOP se može rješavati korišćenjem algoritma rojeva vještačkih riba i optimizacije rojem čestica.
- ✓ MOOP se takođe može formulisati sa ciljem minimizacije fluktuacija u sistemu napajanja i degradacije baterije, pri čemu se model trajanja baterije zasniva na algoritmu dubokog učenja, konkretno na LSTM (Long Short-Term Memory) mreži.

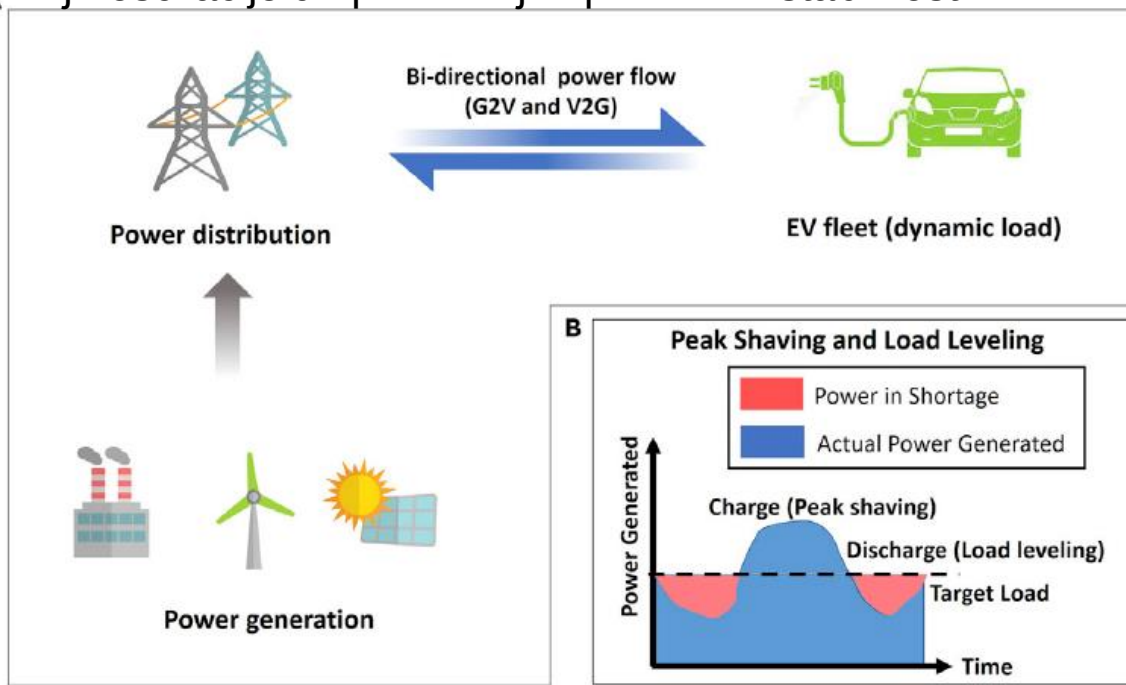
3. Vještačka inteligencija u integraciji EV sa pametnom mrežom

Optimizacija sistema povezanih sa obnovljivim izvorima energije

- ✓ Slični pristupi upravljanju energijom i optimizaciji mogu se primijeniti na sisteme za proizvodnju energije iz obnovljivih izvora, kao što su solarne i vjetroelektrane.
- ✓ U integraciji koncepta vehicle-to-grid (V2G) sa elektroenergetskom mrežom koja uključuje izvore obnovljive energije, algoritam optimizacije rojem čestica koristi se za rješavanje problema višestruke ciljne optimizacije (MOOP), sa ciljem da se minimizuju operativni troškovi i maksimizuju profiti vlasnika električnih vozila.
- ✓ Takođe, MOOP riješen ovim algoritmom koristi se za istovremeno smanjenje troškova operatera elektroenergetskih mreža i korisnika EV vozila, globalne emisije CO₂, kao i gubitaka vjetroelegije, prilikom koordinacije aktivnosti punjenja i pražnjenja EV vozila sa mrežom koja uključuje termoelektrane i vjetroparkove.
- ✓ Za minimizaciju velikih varijacija u proizvodnji vjetroelegije, koriste se genetski algoritmi i Monte Carlo simulacije kako bi se koordinisalo ponašanje flote EV vozila pri punjenju i pražnjenju, na osnovu njihovih dnevnih navika u vožnji.

3. Vještačka inteligencija u integraciji EV sa pametnom mrežom

- ✓ (A) Dvosmjerni tok energije između pametne mreže i električnog vozila: G2V i V2G omogućavaju dvosmjernan tok električne energije između EV vozila i elektroenergetske mreže. EV koristi energiju iz mreže prilikom punjenja baterije. Takođe, kada se EV ne koristi i ima višak energije u bateriji, može tu energiju vratiti nazad u mrežu. Ovaj dvosmjerni tok energije može se integrisati sa sistemima za proizvodnju energije iz obnovljivih izvora kako bi se obezbijedila dovoljna količina energije u mreži.
- ✓ (B) Smanjenje vršnog opterećenja i izravnavanje opterećenja: Baterije u EV mogu se koristiti kao sistemi za skladištenje energije kako bi se postiglo ciljno opterećenje u mreži. Punjenje EV baterija može se obavljati u periodima visoke proizvodnje električne energije, a zatim ta energija može biti korišćena za napajanje mreže u periodima niske proizvodnje, čime se ublažavaju oscilacije u opterećenju i povećava stabilnost mreže.



3. Vještačka inteligencija u integraciji EV sa pametnom mrežom

- ✓ (C) Regulacija opterećenja: Profil opterećenja može se regulisati naviše ili naniže kako bi se postiglo isto opterećenje. Električno vozilo (EV) može se smatrati dinamičkim opterećenjem dok se puni. Kada se poveća fiksno opterećenje, punjenje EV-a može se smanjiti (na primjer, povećanjem cijene električne energije), kao u slučaju regulacije naviše. U suprotnom slučaju, kada se smanji fiksno opterećenje, punjenje EV-a može se podstaći.
- ✓ (D) Rezervni kapacitet: U slučaju nestanka električne energije, dodatna energija (rezervni kapacitet) može se koristiti za kompenzaciju. Dinamičko opterećenje, koje uključuje punjenje EV-a, može se smanjiti, što zauzvrat smanjuje ukupno opterećenje.

