Bírálói vélemény

Miseta Tamás

Prediction, Control, and Design: Machine Learning and Optimisation Methods for Storage-Enhanced Renewable Energy Systems

(Előrejelzés, vezérlés és tervezés: gépi tanulási és optimalizálási módszerek akkumulátorral kiegészített megújuló energiarendszerekhez)

című PhD disszertációjáról

Bírálóként részt vettem a házi védésen. A Jelölt valamennyi kérdésemre nagyon részletes választ adott, és javaslataim beépítette a disszertációba. A jelen dolgozat nagyon értékes tudományos eredményeket tartalmaz, szépen szerkesztett, igényes munka.

A megújuló energiaforrások irányába történő globális átmenet, különösen az időjárásfüggő megújuló energiatermelés térnyerése, összetett és egymással szorosan összefüggő kihívásokat teremtett a villamosenergiaszektor teljes spektrumában. Az új beépített kapacitások legnagyobb hányadát a nap- és szélenergia teszi ki.

A Jelölt dolgozatában három nagyon időszerű kutatási területet vizsgál:

- a villamosenergia-árak pontos előrejelzésével foglalkozik;
- célul tűzi ki az energia vásárlására, tárolására és értékesítésére épülő kereskedelmi stratégia optimalizálását a fizikai korlátok figyelembevételével, a profit maximalizálása érdekében;
- célul tűzi ki a fotovoltaikus rendszerek tervezési optimalizálását.

A disszertáció e kérdéseket egymással összefüggő kutatási eredmények révén vizsgálja, amelyek a gépi tanulás, a matematikai optimalizálás és az energetikai rendszermérnökség területeit ölelik fel. A Jelölt ezen területeken igazolta magas szintű jártasságát, azokban újszerű tudományos eredményeket elérve.

Az 1. fejezet a bevezetést tartalmazza. A kutatási kérdések részletes bemutatása átfogó szakirodalmi áttekintésre épül. A kutatási célkitűzések és tudományos hozzájárulások a következők:

1. Gépi tanulási módszerek alkalmazása a másnapi villamosenergia-árak pontos előrejelzésére.
2. Optimalizálási algoritmusok és rendszermodellek kidolgozása olyan villamosenergia-kereskedelmi stratégiákhoz, amelyek az akkumulátorral támogatott megújuló erőművek profitját maximalizálják az előre jelzett villamosenergia-árak felhasználásával.
3. Optimalizálási algoritmusok és rendszermodellezési módszertanok alkalmazása napelemes energiarendszerek fizikai méretezéséhez valós üzemeltetési, szabályozási és fenntarthatósági korlátok figyelembevételével.

A dolgozat felépítésének ismertetése hasznos segítséget nyújt az olvasó számára.

A 2. fejezet az I. tézist tárgyalja, és bemutatja a másnapi villamosenergia-árak előrejelzésére kidolgozott gépi tanulási módszereket: a neurális hálózatok tanításánál újszerűen használt korrelációvezérelt leállítási kritériumot (Correlation-Driven Stopping Criterion, CDSC), a Long Short-Term Memory (LSTM) hálózatok szisztematikus tervezését és hiperparaméter-optimalizálását, a Transformer-alapú modellek értékelését.

- A Jelölt új, a tanítási és validációs veszteséggörbék közötti mozgó Pearson-korrelációra épülő leállítási kritériumot dolgozott ki a túltanulás kezdetének detektálására. Az elvégzett kísérletek alapján a módszer teljesítménye elérte vagy meghaladta a hagyományos leállítási kritériumokét.
- A Jelölt hiperparaméter-optimalizált, egyváltozós LSTM-modelleket fejlesztett a másnapi villamosenergia-árak előrejelzésére, a CDSC leállítási kritériumot a hálózati paraméterekkel együtt hangolva a hazai és három nemzetközi piacon. A 12 vizsgált konfigurációból 10 esetben a CDSC-alapú tanítás elérte vagy felülmúlta a hagyományos early stopping teljesítményét.
- A Jelölt hat előtanított Transformer-alapmodellt vizsgált zero-shot módon a többlépéses másnapi villamosenergiaár-előrejelzésben, és teljesítményüket optimalizált LSTM-hálózatokkal, valamint hagyományos referenciamodellekkel hasonlította össze. A

legjobb alapmodell mind a hat konfigurációban felülmúlta az optimalizált LSTM-et, a Chronos 2 öt esetben bizonyult a legjobbnak.

A 3. fejezet a II. tézist tárgyalja, és bemutatja az akkumulátorral támogatott megújuló erőművek energiakereskedelmi stratégiáinak optimalizálási módszereit: ismerteti a DC-csatolt hibrid inverteres rendszerek modelljét, az adaptív gradienscsökkenésen alapuló, majd a differenciális evolúción alapuló optimalizációs algoritmust. A rendszer modellje, az egyenletek, korlátok és az optimalizálási célfüggvény részletesen bemutatásra kerülnek, és jól követhetők.

- A Jelölt kidolgozta az OptEnT-GD adaptív gradiensalapú módszert akkumulátoros napelemes erőművek másnapi energiakereskedési stratégiáinak optimalizálására, figyelembe véve a műszaki korlátokat. A 42 rendszerkonfiguráción végzett vizsgálatok igazolták a módszer eredményességét.
- Kidolgozta az OptEnT-DE deriváltmentes optimalizáló módszert a másnapi energiakereskedési stratégiák profitmaximalizálására, amely nemlineáris, nem differenciálható célfüggvények kezelésére is alkalmas. A 42 rendszerkonfiguráción végzett összehasonlítás igazolta a módszer jó alkalmazhatóságát.

A 4. fejezet a III. tézist tárgyalja, és a fotovoltaikus energiarendszerek fizikai méretezésére szolgáló optimalizálási és modellezési módszereket mutatja be.

- A Jelölt kidolgozott egy dichotóm keresésen alapuló optimalizálási algoritmust ipari termelő-fogyasztók visszatáplálás nélküli napelemes rendszereinek fogyasztásprofil-alapú tervezésére. A módszer az összehasonlított eljárásokhoz képest kisebb rendszerméret mellett csökkentette a hálózati fogyasztást és a CO_2-kibocsátást, valamint növelte az önellátást; másnapi piaci árazás esetén is alkalmazhatónak bizonyult.
- A Jelölt integrált tervezési módszertant dolgozott ki részben önellátó energiarendszerek napelemes és akkumulátorkonfigurációinak optimalizálására.

Az 5. fejezet összefoglalja a téziseket. Három tézis kerül megfogalmazásra,

- I. tézis: P1, P2 és P5 publikációk alapján;
- II. tézis: P2 publikáció alapján;
- III. tézis: P3 és P4 publikációk alapján,

ahol

- P1: Q1, Neurocomputing, 2024;
- P2: D1, Elsevier Energy, 2022;
- P3: konferenciaközlemény, 2025;
- P4: konferenciaközlemény, 2025;
- P5: D1, Elsevier Energy&AI, 2026.

Végül a 6. fejezet összefoglalja a legfontosabb eredményeket, ismét áttekinti a tézispontokat az azokat alátámasztó bizonyítékokkal együtt, valamint kijelöli a jövőbeli kutatási irányokat.

Kérdések:

- A dolgozat nagyon sok különböző módszert alkalmaz, nagyon összetett rendszerekre. Az irodalomfeldolgozási részekben is rengeteg módszer előkerül. Milyen vonalvezetőt lehet használni a jó optimalizációs módszer megválasztásban?

A jelölt téziseit új tudományos eredményként elfogadom.

Javaslom a nyilvános vita kitűzését, és sikeres védés esetén a PhD-fokozat odaítélését.

Győr, 2026. 10. 15.

Kuczmann Miklós

az MTA Doktora

egyetemi tanár