

OPONENTSKÝ POSUDOK HABILITAČNEJ PRÁCE

Názov práce: **Aplikácie dátovej vedy pre inteligentné nabíjanie elektrických vozidiel**

Autor: Ing. **Milan Straka**, PhD.

Odbor habilitačného konania a inauguračného konania : aplikovaná informatika

Oponent: doc. Ing. Roman Jarina, PhD., FEIT Žilinská univerzita v Žiline

AKTUÁLNOSŤ ZVOLENEJ TÉMY HABILITAČNEJ PRÁCE:

Analýza veľkých dátových súborov z reálnych vozidiel a nabíjacích staníc, vrátane predikcie spotreby energie a časového rozloženia nabíjania je nevyhnutná pre efektívne plánovanie a riadenie energetických sietí pri rozsiahlejšom a intenzívnejšom využívaní elektromobility. Metódy strojového učenia a modelovania dát sú priamo aplikovateľné na tieto nové problémy a majú tiež potenciál efektívne integrovať obnoviteľné zdroje energie. Takýto prístup je teda v súčasnosti kľúčový, keďže umožňuje znižovať prevádzkové náklady, optimalizovať využitie infraštruktúry a podporuje udržateľný rozvoj dopravy. Téma je preto nielen aktuálna z pohľadu vedeckého výskumu, ale má aj významný praktický dopad v oblasti inteligentnej dopravy a energetiky.

METÓDY SPRACOVANIA HABILITAČNEJ PRÁCE:

Predkladaný text je koncipovaný monotematicky a má formu komentovaného súboru vybraných publikovaných prác. Organizácia textu je prehľadná a logická, jednotlivé kapitoly na seba nadväzujú. Práca jasne oddeľuje teoretické východiská, prehľad existujúcich state-of-the-art metód, metodiku, interpretáciu výsledkov vlastného výskumu a diskusiu. Takáto štruktúra podporuje zrozumiteľnosť a systematickosť habilitačnej práce.

Text práce je možné rozdeliť do dvoch celkov. Kapitoly 1 a 2 uvádzajú čitateľa do danej oblasti výskumu so zameraním na vybrané témy strojového učenia s dôrazom na regresné modely. V tejto časti následne autor prehľadne rozoberá literatúru v oblasti aplikácie optimalizačných algoritmov a predikčných modelov na vybrané problémy inteligentného nabíjania EV. Vo vlastných riešeniach (kapitoly 3-5) potom autor uplatňuje uvedené dátovo-orientované metódy, najmä predikčné prístupy, na podporu inteligentného nabíjania EV. Metodika zahŕňa spracovanie a analýzu dát z reálnych nabíjacích udalostí (Holandská databáza EVnetNL), návrh pravdepodobnostných predikčných modelov spotreby energie a doby pripojenia, vrátane zohľadnenia neistoty. Navrhnuté postupy sú vyhodnocované pomocou chybových, energetických resp. ekonomických ukazovateľov. Metodický rámec dopĺňa hĺbková analýza zapájania používateľov do inteligentného nabíjania na základe charakteristík ich správania a hodnotenie vplyvu výberu účastníkov na systémové výsledky.

DOSIAHNUTÉ VÝSLEDKY HABILITAČNEJ PRÁCE A NOVÉ POZNATKY:

Autor (v rámci tímovej práce) systematicky aplikoval viaceré predikčné modely na rôzne úlohy inteligentného nabíjania. Autor sa nezameral len na presnosť predikcie, ale skúma, aký vplyv majú navrhované modely na reálne rozhodovanie a prevádzkové výsledky.

Ako originálne vnímam využitie pravdepodobnostných hierarchických modelov predikcie, ktoré umožňujú pracovať s neistotou a heterogenitou správania používateľov. Publikované výsledky experimentov ukazujú, že navrhnuté modely spresňujú predikciu spotreby energie EV s denným horizontom pre región vyššej úrovne v porovnaní s priamymi, nehierarchickými prístupmi.

Ďalej autor spolu s výskumným tímom navrhli modely na predikciu doby pripojenia k nabíjacej stanici, ktoré využívajú nesymetrickú stratovú funkciu. V publikovanej štúdii ukazujú, že vhodnou nesymetriou stratovej funkcie je možné významne zlepšiť výkonnosť nabíjania EV ako aj znížiť prevádzkové náklady.

Ďalej spomeniem návrh riešenia s adaptívnou predikciou počas nabíjacej udalosti, čo viac zodpovedá reálnym podmienkam prevádzky, čo sa v literatúre zatiaľ objavuje skôr okrajovo. Využili synchronný (aktualizuje všetky udalosti naraz) ako aj asynchronný (spracováva každú udalosť nezávisle od ostatných udalostí) prístup k aktualizácii prediktora. Navrhnutý koncept je uplatniteľný aj v iných úlohách so zdieľanou kapacitou a neistým časom konca (príklady sú uvedené v práci).

Autor na záver prezentuje prvú štúdiu (resp. jednu z prvých) vplyvu stratégií zapojenia vodičov EV na výkonnosť inteligentného nabíjania. Správanie vodiča je odvodené z nabíjacieho procesu. Stratégie zapojenia sú hodnotené pomocou simulácií. Práca teda navyše ukazuje, že systémový prínos inteligentného nabíjania nezávisí len od samotného riadiaceho algoritmu, ale aj od výberu účastníkov a miery ich participácie.

Originalita práce spočíva v premyslenej kombinácii algoritmov a dôslednom experimentálnom overení na reálnych dátach a v aplikácii na konkrétny problém elektromobility. Oceňujem, že všetky publikované výsledky vznikali v rámci úzkej medzinárodnej spolupráce.

PRIPOMIENKY A POZNÁMKY K HABILITAČNEJ PRÁCI:

Text práce je prehľadný a logicky usporiadaný. Jazykový prejav je kultivovaný, vecný a terminologicky presný, čo prispieva k dobrej čitateľnosti a umožňuje jednoznačnú interpretáciu prezentovaných výsledkov. Ďalej zhrniem niekoľko pripomienok a komentárov:

- Kap. 1.2 je venovaná stručnému prehľadu poznatkov a použitých algoritmov z oblasti dátovej vedy a strojového učenia. Existujú však viaceré formulácie pre popis. V niektorých častiach (napr. v kap. 1.2.4-6, 1.3.1-4) by som preto uvítal citácie, odkiaľ čerpal autor, i keď ide o všeobecné poznatky.
- Časť venovaná prístupom k učeniu - Kap. 1.3.5 a 1.4 – je nedokončená. Opísaný je len algoritmus PCA, ďalšie dôležité metódy učenia chýbajú.
- Kap. 1.3 bolo vhodné doplniť aspoň stručným opisom algoritmov, ktoré sú potom využívané v vo vlastných experimentálnych štúdiách (napr. QRF, QRNN)
- Za určité obmedzenie považujem vyhodnotenie experimentov iba na jednej aj keď rozsiahlej databáze.
- Používanie 1. os j. č. (až na výnimky) by som odporúčal nahradiť autorským plurálom.

ĎALŠIE OTÁZKY DO DISKUSIE:

1. Keďže experimenty boli realizované len na jednom dátovom súbore, ktorý má svoje špecifiká, uveďte, do akej miery možno dosiahnuté zistenia považovať za všeobecne platné. Zároveň prosím diskutujte, ktoré zistenia sú podmienené konkrétnym časovým obdobím alebo geografickým kontextom analyzovaných dát a nemožno ich bez ďalšieho zovšeobecniť.
2. Str. 50: Ako vstupné príznaky pre základné modely boli použité prvé štyri hlavné komponenty PCA. Môžete prosím bližšie vysvetliť, na základe akého kritéria bol zvolený práve tento počet komponentov (napr. zachytená variabilita, validačné experimenty alebo iné praktické hľadiská)?

CELKOVÉ ZHODNOTENIE HABILITAČNEJ PRÁCE A ZÁVER:

Predložená habilitačná práca preukazuje, že autor je samostatný a vyprofilovaný vedecký pracovník v oblasti dátovej vedy a jej aplikácií v inteligentnej elektromobilite. Predložená práca spĺňa obsahové aj formálne požiadavky kladené na habilitačné práce a svojím zameraním, metodickou úrovňou a dosiahnutými výsledkami napĺňa kritériá pre udelenie vedecko-pedagogického titulu docent.

Habilitant každoročne publikuje v relevantných vedeckých časopisoch a na medzinárodných konferenciách, čím potvrdzuje svoju aktívnu účasť na rozvoji riešeného odboru. Je autorom/spoluautorom jednej učebnice v oblasti strojového učenia ďalších 21 publikácii, z toho 9 IF časopisov.

Môžem tiež potvrdiť, že Dr. Milan Straka je aktívna a všestrannú osobnosť nielen v oblasti vedeckého bádania ale aj v organizovaní vedeckých aktivít (organizovanie niekoľkých ročníkov Letnej školy strojového učenia). Na základe uvedeného prácu odporúčam prijať k obhajobe, a po jej úspešnom obhájení navrhujem Dr. Milanovi Strakovi udeliť vedecko – pedagogický titul “docent (doc.)”

V Žiline 22.12.2025

Roman Jarina