Bírálói értékelés

Kummer Alex

Adat- és mesterséges intelligencia alapú módszerek a folyamat- és rendszermérnökségben

címen benyújtott habilitációs pályázatáról

Bevezető megjegyzések

Kummer Alex habilitációs eljárás iránti kérelmet nyújtott be a Pannon Egyetem Vegyészmérnöki- és Anyagtudományok Doktori Iskolájához. PhD fokozatát vegyészmérnöki tudományágban 2021-ben szerezte a Pannon Egyetemen. Jelenleg a Pannon Egyetem Mérnöki Karán egyetemi docensként végez aktív oktatói és kutatói tevékenységet. A pályázó az MTA MTO Automatizálási és Számítástechnikai Tudományos Bizottsághoz tartozó köztestületi tag, ezért az MTA doktora címnek megfelelő szintű tudományos tevékenység vizsgálatánál az MTA Műszaki Tudományok Osztályának pontozási rendszerét veszem figyelembe.

Tudományos és publikációs tevékenység értékelése

A habilitációs pályázatban a szerző 34 Q1-Q4 besorolással rendelkező, többnyire impakt faktoros nemzetközi folyóiratcikket sorol fel, amelyek többsége a PhD fokozatszerzés után jelent meg. A cikkek között 22 Q1 és 5 D1 besorolású található, ami kiváló arány. A folyóiratok közül érdemes kiemelni a magas presztízsű Machine Learning and Knowledge Extraction, valamint a Process Safety and Environmental Protection c. lapokat. A publikációs Q-pontok összege 52.97, az összesített impakt faktor 182, a relatív impakt faktor pedig 52.2. At öt válogatott publikáció mindegyike színvonalas folyóiratcikk, ahol a pályázó 4 cikkben utolsó (témavezető) szerző. A publikációkra érkezett független hivatkozások száma az MTMT adatai szerint 334, ami nagyon jó eredmény, figyelembe véve a 2021-es PhD fokozatszerzést. Ezzel a pályázó biztonsággal teljesíti az MTA doktora címhez tartozó tudománymetriai minimumkövetelményeket, a MAB egyetemi tanári követelményeinek tudományos részét pedig 85%-osan teljesíti (100-ból 85 pont). Tudományos eredményei tehát mindenben megfelelnek a Pannon Egyetem habilitációs előírásainak.

Oktatási, tananyagformáló és témavezetési tevékenység

A pályázó doktorandusz kora óta (eddig 16 féléven keresztül) folyamatosan tart előadásokat és gyakorlatokat a Pannon Egyetem Mérnöki Karán BSc, MSc és posztgraduális szinten. A pályázatban 17 oktatott tárgy szerepel a folyamatmérnökség, modellezés, adattudomány és mesterséges intelligencia témakörében, melyek közül 4-hez tárgyfelelősség is társult. Az igazolt 2100 körüli kontaktóraszám meglehetősen magas, átlagosan heti 9-10 órás terhelést jelent az utóbbi években. A pályázó továbbá eddig 46 szak- és diplomadolgozatnak és 4 OTDK-n bemutatott dolgozatnak volt témavezetője, ami életkorát tekintve kiemelkedően magas szám. 2 doktorandusza szerzett sikeresen PhD fokozatot, jelenleg társ-témavezetőként 5 PhD hallgató munkáját irányítja. Ezekkel a paraméterekkel a MAB egyetemi tanári értékelésén a 'Felsőoktatási tevékenység' részben 100-ból 80 pontot érne el, ami bőven az elvárt érték felett van.

Tudományos és szakmai közéleti tevékenység, díjak

A pályázó 2024 óta vezeti a Data-Centric Systems Engineering nevű kutatócsoportot, ahol hallgatók és doktoranduszok munkáját koordinálja. Tagja az MTA köztestületének, és a VEAB Műszaki Kémiai, továbbá Folyamatmérnöki Munkabizottságának. Tagja továbbá a Process Control Systems nemzetközi konferenciák szervezőbizottságának. 2019 óta több ipari partnerekkel közös kutatás-fejlesztési pályázatban (GINOP, PIACI KFI, EKÖP-KDP) vett részt. Számos intézményi és országos díjban és ösztöndíjban részesült, ezek közül kiemelendő a 2025-ös Bolyai Ösztöndíj és a 2026-ban elnyert Akadémiai Ifjúsági Díj.

A tézisek rövid értékelése

A pályázó négy nagyobb téziscsoportot fogalmaz meg a benyújtott anyagban, ahol az egyes alpontok publikációs alátámasztását rendszerint 1-1 folyóiratcikk adja.

Az első téziscsoport három fontos és egymást kiegészítő eredményt mutat be az intelligens vegyipari folyamatbiztonság továbbfejlesztése területén. Először is, egy értelmezhető döntési fa alapú gépi tanulási keretrendszert fejlesztettek ki a fél-szakaszos reaktorokban zajló diffúzióvezérelt heterogén reakciók termikus viselkedési mintáinak felismerésére, amely átlátható biztonsági osztályozási szabályokat biztosít, melyek közvetlenül alkalmazhatók az üzemi döntéstámogatásra. Másodszor, a pályázó és társszerzői egy új, ellenállóképességen (reziliencián) alapuló megerősítéses tanulási megközelítést vezettek be, amely a prediktív meghibásodási időt és a helyreállítási képességet integrálja a jutalmazási függvénybe az adaptív és biztonságorientált beavatkozási stratégia megvalósítása érdekében. Harmadszor, a kutatás során lényegesen javították a megerősítéses tanulás interpretálhatóságát döntési fa helyettesítők és Shapley-érték jellemzők segítségével. Ezzel lehetővé tették a tanult biztonsági politikák értelmezését és összehasonlítását a klasszikus termikus megfutási kritériumokkal. Az eredmények tudományos jelentőségét abban látom, hogy az adatvezérelt mesterséges intelligencia technikáit ötvözték a standard folyamatbiztonsági és ellenállóképességgel kapcsolatos mérnöki elvekkel, amely így hatékonyan támogatja az adaptív, biztonsággal kapcsolatos döntéshozatalt. A kutatás gyakorlati alkalmazhatósága különösen fontos lehet a vegyipar számára,

a korai veszélyfelismerés hatékonyabbá tételével a sokszor komplex és bizonytalan üzemi körülmények között.

A második téziscsoport olyan eredményeket tartalmaz, amelyek a vegyipari folyamatok tanulás alapú szabályozásának fejlesztéséhez kapcsolódnak. Az első pontban egy új, több ágenses megerősítéses tanulási keretrendszer szerepel, amelyet fél-szakaszos reaktoroknál alkalmaztak. A módszer speciális tanulási ágenseket rendel a különböző működési fázisokhoz, és a közvetlen betáplálási sebesség manipulációját kaszkádszabályozással kombinálja. Az eredmények hatékony hőmérsékleti alapérték-követést és stabil reaktorműködést mutatnak, jól illusztrálva a mesterséges intelligencia alapú vezérlők a folyamat fizikai struktúrájához való testreszabásának tudományos és gyakorlati értékét. A második pont témája egy hierarchikus taxonómia létrehozása a megerősítéses tanulás szerepének tisztázására a szabályozási, felügyeleti és üzemi szintű folyamatszabályozásban. A téziscsoportban szereplő eredmények tudományos és gyakorlati jelentőségét véleményem szerint az újszerű adaptív, adatvezérelt szabályozási stratégiák létrehozása jelenti, amelyek képesek kezelni a nemlinearitásokat, a bizonytalanságokat és az összetett szekvenciális döntéseket, miközben kiegészítik a klasszikus szabályozási technikákat.

A harmadik téziscsoport elsősorban a bizonytalanság melletti optimalizálási feladatok megoldásához kapcsolódik, ahol az interpretálható megerősítéses tanulást ötvözik robusztus, mintavételen alapuló optimalizálási technikákkal. Ennek keretében a pályázó társszerzőkkel egy új, többlépéses Q-tábla tömörítési keretrendszert dolgozott ki DBSCAN-alapú klaszterezést és állapotabsztrakciót alkalmazva a korlátozott sztochasztikus gráfbejárási problémák komplexitásának csökkentésére. Az eredmények azt mutatják, hogy a tömörített reprezentáció lényegesen kisebb Q-táblákkal is jobb optimalizálási teljesítményt érhet el a korábbi megoldásoknál, javítva az interpretálható tanuláson alapuló döntéstámogatás skálázhatóságát. A téziscsoport bemutat továbbá egy olyan új, részecskeszűrők tervezésére szolgáló módszertant, amelyben mintavételen alapuló kiértékelést és felhasználói inputot is alkalmaznak a nominális teljesítmény és a robusztusság közti kompromisszum megtalálására. A leírt eredmények újszerű, rugalmas és átlátható eszközöket biztosítanak többféle mérnöki optimalizálási problémához, ahol a nemlinearitásokat, a bizonytalanságot és az esetleg ellentmondásos teljesítménycélokat egyidejűleg kell figyelembe venni.

A negyedik téziscsoport témaköre az adatvezérelt folyamatmonitorozás, a soft sensing és a megbízható ipari döntéstámogatás. Ebben a keretben a pályázó egy ipari környezetben alkalmazható soft sensing munkafolyamatot dolgozott ki az MDI-gyártás termékminőség-előrejelzésére, amely az időkésleltetések kezelését, a többmódszeres jellemzőkiválasztást és a magyarázható modellértelmezést ötvözi a minőségmonitorozás teljesítményének javítása érdekében. A második alpontnál a Kolmogorov-Arnold hálózatok kritikai értékelése azt mutatja, hogy az elméleti értelmezhetőség nem feltétlenül fordítható le a gyakorlatban is jól érthető modellekké, kiemelve továbbá a Shapley-alapú magyarázatok értékét az ipari döntéshozatalban. A harmadik alpont témája egy nyílt forráskódú benchmark adatkészlet létrehozása és alkalmazása komplex desztillációs folyamatok hibáinak észlelésére és diagnosztizálására. Az elkészített adatbázis realisztikus többváltozós idősoros adatokat és szisztematikusan tervezett hibaforgatókönyveket biztosít a reprodukálható kutatások támogatására. A negyedik alpont egy új, komplex együttes adatfúziós módszertant mutat be kemometriai monitorozáshoz, amely integrálja a jellemzőkiválasztást, a látens változók projekcióját és az együttes tanulást a prediktív teljesítmény és a robusztusság javítása érdekében. A téziscsoportban szereplő eredmények fontos előrelépést jelentenek a megbízható, értelmezhető és adatható-

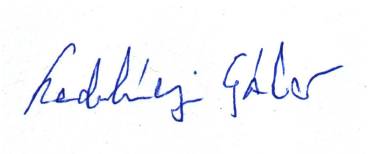
kony monitorozási technológiák fejlesztésében, amelyek segítik a folyamatok diagnosztikáját, a minőségellenőrzést és az összehangolt működést ipari környezetben.

A téziseket elfogadom új tudományos eredményeknek.

Összefoglaló vélemény

A habilitációs pályázatból egy rendkívül tudatos és nagy munkabírású kolléga képe rajzolódik ki, aki saját minőségi munkája mellett már most is nagy hangsúlyt helyez az utánpótláskép-zésre. Emellett különböző projektek keretében ipari szempontból is releváns kutató-fejlesztő munkát végez. Kiemelkedő tudományos eredményei és folyamatos aktív oktatási és témavezetési tevékenysége alapján Kummer Alexet feltétlenül alkalmasnak tartom a habilitált doktori címre. Ennek megfelelően messzemenően támogatom a habilitációs előadásának megtartását. Továbbá az eljárás sikeres nyilvános szakaszát követően javaslom Kummer Alex részére a habilitált doktori cím odaítélését.

Budapest, 2026. szeptember 15.



Dr. Szederkényi Gábor
MTA doktora, egyetemi tanár
PPKE-ITK