

Dr. Földesi Péter, egyetemi tanár

Opponensi vélemény

Kegyess Tamás:

Reinforcement learning applications for selected industrial optimization problems

PhD értekezéséről

Pannon Egyetem Informatikai Tudományok Doktori Iskolája

Előszó

Az opponensi értékelés célja, hogy részletezze az értekezés tartalmi és formai erényeit, esetleges hiányosságait, külön kitérve arra, hogy a tézisek elfogadhatók-e; végül összefoglaló javaslatot tegyen az értekezés doktori fokozat megadásának alapjául szolgálhat-e, vagy sem.

A jelölt munkahelyi vitáját megelőzően én voltam ez egyik felkért bíráló, így a dolgozatot már korábban is értékeltem, ezért volt alkalmam arra, hogy figyelemmel kísérhessem az elsőre is kiváló disszertáció további fejlődését. A korábbi munkahelyi vita célja és értelme az volt, hogy (elismerve a dolgozat önálló eredményeit, a jelölt saját hozzájárulását az új tudományos eredményekhez) építő kritikával segítse a szerző munkáját, rámutatva azokra a lehetőségekre, melyek mentén a disszertáció tovább javítható, és a hazai és nemzetközi tudományos élet értékes és haszonnal olvasható elemévé válik. Az előbírálathoz éppen ezért az általános összefoglaló vélemény mellett részletesen rámutattam azokra a pontokra, ahol véleményem szerint a disszertáció kiegészítésre vagy javításra szorult. Ezzel kapcsolatban a jelölt a munkahelyi vitán is konstruktív válaszokat adott, emellett egy nagyon részletes írásbeli választ is megfogalmazott, illetve elkészült a dolgozatnak egy új változata is. Külön köszönet azért a verzióért, ahol a szerző részletesen jelöli a változtatásokat, ez rendkívüli mértékben megkönnyítette jelen bírálat elkészítését.

A bírálat során a következő kérdésekre keressük a választ:

Időszerűség. Időszerű-e a dolgozat témája, a választott témakör várhatóan tart-e tudományos érdeklődésre számot?

Felépítés. A dolgozat részeinek aránya megfelelő-e, logikus-e a fejezetek felépítése?

Szakirodalom feldolgozása. Ismeri-e a jelölt a téma aktuális eredményeit és azt a disszertáció áttekinthetően, összefoglaló jelleggel tartalmazza-e?

Módszerek. Korszerűnek tekinthetők-e a jelölt által alkalmazott vizsgálati módszerek? Helyesen alkalmazza-e a jelölt ezeket?

Saját eredmények. Világosan elkülöníthető-e, mik a jelölt saját tudományos eredményei? Ezek a tézisek helytállóak és új eredménynek tekinthetők-e?

Nyelvezet. Mennyire érthető a disszertáció nyelvezete, stílusa? Mennyire alkalmaz megfelelő technikai megoldásokat a jelölt?

Témaválasztás, a disszertáció célkitűzései

A disszertációátfogó áttekintést ad az RL alkalmazásokról, és egy kérdőív alapú útmutatót is bemutat a legmegfelelőbb RL módszerek azonosításához a megoldandó probléma tulajdonságai alapján

A dolgozatban bemutat egy új integrált heurisztikát, amelyben az RL ágens egy előszűrt akciótervből választja ki a döntését (dIOptRL algoritmus), ezáltal jelentősen növelve a tanulási hatékonyságot.

A szerző bevezeti a korlátozott sztochasztikus gráf bejárési problémaosztályt, és igazolja, hogy nemcsak a szétszerelési problémák, hanem legrövidebb út és Hamilton útkeresési problémák is ide tartoznak. Majd bemutatja Q-tömörítéses RL módszert, ami az állapotter dinamikusan diszkrét reprezentációja révén alkalmas kevert egészértékű optimalizálási feladatok megoldására, különös tekintettel a fenti problémaosztály elemeire.

Strukturális, általános észrevételek

A disszertáció címe részben megváltozott a korábbi verzióhoz képest, így összhangba került a tényleges tartalommal. Ugyan az Ipar.4.0 divatos hívószó, a dolgozatban a szerző az elején röviden utal rá, hogy bár most már rengeteg adatunk van, amit hasznos lenne jól kihasználni, de igazában a dolgozatban vizsgált téma akkor is fontos és komplex, ha nem áll rendelkezésünkre szinte korlátlan mennyiségű információ. A probléma jellegéből adódóan még viszonylag kis méretű feladatok esetén is számos megoldandó módszertani kérdés van. Jól jelzi ezt az is, hogy magában a dolgozatban bemutatott mintapéldák, esettanulmányok is kis- illetve közepes méretűek. Ilyen értelemben a disszertáció inkább metodológiai, így a kidolgozott és bemutatott módszerek számos más területen alkalmazhatóak a bemutatott use case-n túl, ezzel kielégítve a tudományos igényesség és a gyakorlati alkalmazhatóság kettős követelményét.

Az értekezés 100 oldalon, 5 fő fejezetből áll. A fejezetek egymás közti arányai megfelelőek, a dolgozat logikája követhető, ami azért érdemel külön elismerést, mert számos különböző oldalát is vizsgálja a problémának, és a gyakorlati alkalmazás lehetőségeit is részletesen elemzi.

Az 1. bevezető fejezetben a jelölt - azon kívül, hogy vázolja, hogy mi minden fog bemutatni a dolgozatban - megfogalmazza a kutatási kérdést, értékelve a területen elért eddigi tudományos fejlődést saját célokat tűz ki: „...Compared to them, my research aims to discover a new algorithm by performing discretization steps using the DBSCAN clustering method and applying a discrete RL method for mixed continuous-discrete constrained stochastic graph traversal problems...”

A bevezető fejezet rávilágít arra is, hogy a szakirodalomban is fellelhető módon még vannak viták ezen a területen, állításokat ütköztet indirekt módon. Mivel a fejezet neve (Introduction) ellenére ez egy értékes és fontos része a dolgozatnak, hasznos lett volna részletesebb irodalmi hivatkozásokkal alátámasztani ezt a részt. A jelölt egyébként a szokásos mértéket messze túlhaladó részletességgel mutatja be a vonatkozó referenciákat, de ezt a dolgozat egy későbbi részében teszi, így a bevezető fejezet némi hiányérzetet kelt (ami később elmúlik, tovább olvasva a dolgozatot).

A 2. fejezet címében szerepel az Ipar 4.0 kifejezés, és számos irodalmi hivatkozást mutat fel a szerző, azzal együtt, hogy a kereső szavak között a kifejezés „vagy” kapcsolatban áll a „smart factory”, „IOT”, „smart manufacturing” és „CPS” kulcsszavakkal. Ezeket szinonimaként kezelni talán kissé nagyvonalú, a jelölt mentségére szól, hogy a szakirodalomban még nem alakult ki egységes, letisztult szóhasználat, a terület viszonylag rövid történelme miatt.

Az irodalmi feldolgozás nem igazán szokványos. A dolgozat 469 publikációt sorol fel az irodalomjegyzékben, ami sokkal-sokkal több, mint a PhD dolgozatokban megszokott mennyiség. Nincs kétségem felőle, hogy a jelölt ezeket az irodalmakat ténylegesen áttekintette, ezek egy részének viszont elsősorban annyi a szerepe, hogy a bizonyítsa a problémakör összetettségét és aktualitását (és ezt a jelölt egy fejezetben összefoglalóan megteszi.), és nem az, hogy tényleges állításokkal támassza alá a jelölt egyes konkrét érvelését, megállapítását. (lásd 2.1 táblázat, 2.3 táblázat, 2.5 táblázat, 2.13 ábra, stb). A szöveg közbeni hivatkozások ennek megfelelően néha nehezebben követhetőek. Fontos lenne, hogy az ábrák tekintetében is világosan lehessen látni, ezért kérem a jelöltet, hogy a nyilvános védésen külön emelje ki, hogy mely ábrák tekinthetők saját szerkesztésnek.

A szerkesztés szép kivitelű, a képletek azonosításával és/vagy értelmezésével kapcsolatosan két különböző koncepciót képvisel. Ha jól fejtettem meg, akkor a képletek egy része számozott és beazonosítható, ezek a szerző saját eredményei. Másik részük nem számozott, a folyó szöveg közben jelenik meg kevesebb magyarázattal, vagy külön magyarázat nélkül, ezek a szakirodalomból vett eredmények, ezért ez utóbbiakat részletesen nem vizsgáltam.

Egy hosszú fejlesztés eredményeit, főleg, ha belőle több publikáció is készült, nagyon nehéz úgy egységes szövegben foglalni, hogy a jelölés rendszer konzekvens maradjon végig. A szerző becsületére váljon, hogy látszik az erre való törekvés, és a dolgozat első változatához képest sokkal olvashatóbbá vált disszertáció (ami azért is nagyon fontos, mert reményeink szerint egy doktori dolgozatot nem csak a konzulensek és bírálók olvasnak el, hanem haszon referencia munka lehet a többi kutató számára is).

Egyebekben a dolgozat nyelvezete kulturált, jól olvasható, megfelelő terminus technicus-okat alkalmaz, kerüli a terjengős megfogalmazásokat. Gépelési hibák nem rontják, az angol nyelv nyelvtani és helyesírási szabályait maximálisan betartja (már amennyire én, mint nem anyanyelvi felhasználó, ezt meg tudom ítélni).

Részletes megjegyzéseimet és észrevételeimet az előbírálattal során megtettem, ezekre a szerző kimerítő írásbeli választ adott, és ha szükséges volt, akkor a dolgozatban is a változtatásokat átvezette, ezért most külön kérdéseket már nem teszek fel.

Egyetlen elvi kérdést érdemes azonban külön részletezni. A dolgozat indokoltnak látja a célfüggvényben a kvadratikus tag használatát, azaz a ciklus idő eltéréseket négyzetének összegét minimalizálja. Ez a megoldás általánosan bevett gyakorlat a mérnöki tudományokban,

de ebben az esetben a dolgozatban a fő indoklás, hogy a négyzetes tag azon túl, hogy minimalizálja a veszteség időket, egyúttal csökkenti a kiegyensúlyozatlanságot. Ezzel kapcsolatban a jelölt válaszában rámutatott arra, hogy a gyakorlati élet elvárásai néha módosítják a tisztán elméleti megfontolásokat. Másik érv a kvadratikus megoldás mellett, hogy ennek használatával a nemzetközi szakirodalmi összehasonlítás megoldható, illetve – és ezt kutatóként magam is átérzem – így a feladat nehezebbé és bonyolultabbá válik, így nagyobb érdem a megoldás elérése, ezért az érvelést elfogadom.

Összefoglaló értékelés

A disszertáció érdekes, gyakorlati szempontból fontos területet vizsgál. Olyan problémakörben dolgoz ki alkalmazható módszertant, ahol a tudomány mai- még oly fejlett- állása szerint is kénytelenek vagyunk nélkülözni a zárt alakban történő megoldásokat, ugyanakkor a számítástechnika magas szintje mellett is nehézségbe ütközik a teljes enumeráció végrehajtása. A dolgozat gyakorlati példákkal is alátámasztja a javasolt megoldásokat. Külön érdeme a jelöltnek, hogy az általánosan bevett, sajnálatos gyakorlattól eltérően nem törekszik arra, hogy a téziseket „pszeudó” tézisekkel „hígítsa fel”, (amikor is azzal a céllal kerülnek „tézisek” megfogalmazásra, hogy legyen mit a bírálóknak elutasítani, és még akkor is maradjon), így a dolgozat az olvasóban kellemes érzetet kelt.

Összefoglalóan megállapítom, hogy a dolgozat 5. fejezetében összefoglalt és bemutatott tézisek új tudományos eredménynek tekinthetők. A tézisek kialakulását a dolgozat közben is nyomon lehet követni, így logikailag értelmezhető módon jut el a disszertáció a végső eredmények ismertetéséig, a dolgozattól látszik, hogy a szerző bizonyította és verifikálta az állítást, és nemzetközi publikációival támasztotta alá.

Mivel a tudományos eredményeket megfelelőnek és a jelölt saját eredményinek látom, ezért

a disszertációban foglalt téziseket új, saját tudományos eredménynek tekintem, a disszertációt nyilvános védésre és a fokozatszerzésre alkalmasnak találom.

Győr, 2025. július 29.



Dr. Földesi Péter

tanszékvezető egyetemi tanár