

Opponensi vélemény

Nyilvános védésre

Ruppert Tamás

Új eszköztár az operátorok munkáját támogató Ipar 4.0 megoldások fejlesztésére

c. PhD értekezéséhez

Pannon Egyetem Vegyészmérnöki- és Anyagtudományok Doktori Iskola

Témavezető: Prof. Dr. habil. Abonyi János (Pannon Egyetem)

Bíráló: Dr. Pfeiffer András (Széchenyi István Egyetem, Haris Digital Ltd.)

1. Témaválasztás, időszerűség

A jelölt, a manapság az ipar megreformálásának, a XXI. század kihívásainak megfelelni képes átalakulásának szinonimájaként emlegetett ipari digitalizáció, azaz Ipar 4.0 területén belül értelmezhető gyártási folyamatkontroll és -perdikciós módszereket vizsgált. Ehhez megismerte a korszerű adatbányászati, gépi-tanulási és folyamat-szimulációs megoldásokat, célkitűzésként új eljárások kidolgozására vállalkozott.

A dolgozat témájának alapját a korunkban a gyártó iparban fokozatosan elterjedő digitalizált rendszerek nyújtotta nagymennyiségű termelési adat rendelkezésre állása, és ezek feldolgozása, feldolgozhatósága adja. A téma jelenleg igen aktívan kutatott, és gazdag kutatási eredményekkel ellátott terület, számos ága önmagában is külön kutatási területet jelent (*big data*, *machine learning*, stb.).

A dolgozat központjába a ipari termelő rendszerek - matematikai értelemben vett - leginkább sztochasztikus viselkedésű elemét állította: magát az operátort, az embert.

A jelölt helyesen ismerte fel, hogy nem elég az automatizálásban bízva, kizárólag optimalizációval keresni a legnagyobb hatékonysághoz vezető utat, hanem a termelési rendszer szerves részének tekinthető operátorok viselkedésének, és rendszerre gyakorolt hatásuk modellezésével integráltan kell azt kezelni.

Ugyanakkor, az elméleti eredmények gyakorlatba történő átültetése a mai napig nehéz feladatot jelent, mind az új módszereket, algoritmusokat, reprezentációkat kidolgozó kutatói szférának, mind a termelés irányítását, szervezését végző, az applikációkban érdekelt vállalati döntéshozóknak, szoftverkészítőknek. Ezt a jelölt a gyártórendszerekkel kapcsolatban megszerzett szakmai háttérére támaszkodva sikeresen hidalta át, minden új eredményt valós ipari példa alapján elkészített feladatokkal is igazolt.

Tehát a fentieknek megfelelően az értekezés témaválasztása korszerű és aktuális, fontos problémakört jár körül.

Általánosságban elmondható, hogy a jelölt a dolgozatában (a tézisfüzet nem állt még rendelkezésre) bemutatott munkája és eredményei alapján igen nagy jártasságot szerzett a termelésinformatika és folyamatbányászat, statisztikai modellezés területén, megfelelő absztrakciós és kiemelkedő matematikai modellező képességgel rendelkezik. Ugyan a kidolgozott új módszerek implementálását egyes esetekben kutatótársaival közösen végezte, de ezt minden esetben a megfelelő helyen jelzi, valamint ez a tudományos eredmények értékéből nem von le.

A bemutatott dolgozat alapján a jelölt a megfogalmazott célokat elérte, ezeket megfelelően dokumentálta.

2. Az értekezés felépítése, eredményei

A disszertáció közel 136 oldal terjedelmű, hat érdemi fejezetet tárgyal, ill. kiegészül a korábbi 40 oldal helyett 2 oldal melléklettel és a hivatkozások jegyzékével. A dolgozat nyelve angol, stílusa olvasmányos, szerkesztése igényes, elütést, hibát, jelölési pontatlanságot elvétve találni. A jelölt a termelés, az informatika és matematika szaknyelvét következetesen használja, a matematikai jelölések rendszere jól követhető, logikus, melyet a jelölések jegyzéke is segít.

A dolgozat 255 publikációra hivatkozik, a hivatkozások alapvetően korrektek. A folyamatmodellezés, szimuláció, adatbányászat területének fontosabb korszerű műveit, és a jelölt által behatóbban vizsgált területről származó új nemzetközi eredményeket egyaránt meghivatkozta.

A melléklet Publikációs Jegyzék alapján a jelölt a dolgozat témájához kapcsolódóan négy folyóirat publikációval rendelkezik, valamint témavezetőjével közösen három egyéb cikket jegyeznek. A jelölt már most több mint 30 független hivatkozást tudhat magáénak.

Megállapítható, hogy a dolgozat a formai és terjedelmi követelményeknek megfelel.

Fejezetek ismertetése:

Fontos megjegyezni, hogy a Jelölt részletesen ismertette (*Valasz_opponensi_velemenyre_DrPfeifferAndras_RT.pdf*) a Bíráló korábbi felvetéseire, javaslataira adott válaszait, valamint az elfogadott (vagy cáfolt) változtatási igényeket. Ennélfogva, jelen bírálat tartózkodik a korábban ismertetett számos kritikai észrevételtől, amennyiben azokat a Jelölt átvezette, a Bíráló itt elfogadottnak tekinti, így külön említésként sem kerül a bírálat szövegébe.

A dolgozat címe módosult a tanszéki vitára bocsátotthoz képest. Az új magyar cím, *Új eszköztár az operátorok munkáját támogató Ipar 4.0 megoldások fejlesztésére*, véleményem szerint jobban fedí a dolgozat tartalmát, ugyanakkor angolul, *Industry 4.0 based solutions for operator efficiency improvement*, nem teljesen ugyanazt jelenti, pont az "új eszköztár" kifejezés hiányzik belőle, ill inkább a hatékonyság-növelésre reflektál.

A három nyelvű Kivonat után az **1. fejezetben** a jelölt ismerteti a kutatómunka témakörét, a kitűzött célokat és az alkalmazott mutatói módszereket, ill. rendszerbe foglalja a "három fő pillért" (aktivitás-idő monitorozás, átállási idők csökkentése és szerelő sorok modell-prediktív vezérlése), azaz a dolgozatban bemutatott három különálló altémát. Ezt a **2. fejezet** már Operator 4.0-ként nevesíti is, ahol a jelölt a kiber-fizikai rendszereket és azt itt alkalmazott modelleket tekinti át, kiemelten részletezve a kutatás témájának

szempontjából releváns eddigi eredményeket és új, ún. *enabler* technológiákat, mint pl. az IIoT eszközök.

A **3-ik fejezet** a az I. Tézis háttér munkájaként tekinthető, témája a SW szenzorok alkalmazása gyártósorokon, operátorok aktivitás-idejének monitorozására és hibafelismerésre. A modell jelentősége az, hogy így pontosabban, kisebb hibával becsülhetőek a komplex szerelési folyamatok kézi időszükségletei. Ezáltal a tervezési fázisban realisztikusabb adatokkal számolhatnak a folyamatmérnökök. A korábbi bírálatban megfogalmazott strukturális változásokat a jelölt figyelembe vette, az alfejezeteket annak megfelelően módosította.

A 3.1.3-as alfejezet ismerteti a jelölt által javasolt új, multi-szenzor és adatfúzió alapú becslő rendszerét, melyet kötött szerelési sorrendű, körpályás rendszerek esetére alkalmazott.

Az esettanulmány (3.2) ismerteti a szereldei területen egy konveyoros rendszer időszükséglet-számításait, melyet az összegző 3.3 alfejezet zár.-

A **4-es fejezet** (II. Tézis témája) új módszert ismertet a a gépi be- és átállási folyamatok idejének csökkentésére ún. *survival* modell segítségével, azaz hogyan becsülhető az egyes álműveletek időszükséglete sztochasztikus folyamatok esetén. A módszer historikus adatok feldolgozásban és egy Cox- regressziós modell-tanításon alapul, figyelembe véve a releváns tényezőket (pl. szenioritás).

- 4.12 ábra: a betanított modell alapján mennyire megbízható az adott problémára a predikció? Mi lehet az oka, hogy jellemzően alacsony számosságú, diszkrét értékeket prediktál a modell, szemben a mért érték nagy szórásával?
- Mit tudunk a modell stabilitásáról, pl. új művelet, operátor, vagy egyéb tényező megváltozása esetén?

Erre a két kérdésre továbbra sem találtam megnyugtató választ a dolgozatban.

Az **5-ös fejezetben** a jelölt ismerteti az általa felállított modell-prediktív szabályzót (MPC), mely az aktivitási idők fuzzyfikálását használja. A módszerrel hatékonyabban, adaptív módon lehet szabályozni pl. egy szereldei konveyor sebességét, elkerülve ezzel a szükségtelen leállásokat. A módszer szükséglete, a korábbiakhoz hasonlóan, a nagyfokú szentorozottság és az adatok valós-idejű rendelkezésre állása. Ez a fejezet a III.-ik tézis alapja.

A dolgozat általánosságban foglalkozik (mindhárom álműveletben) a folyamatok, műveletek időszükségletének bizonytalanságával.

- Miért más a modell és az eloszlások reprezentációja minden esetben? Talán a dolgozat elején megérné kitérni erre, miért szükséges (pl. probléma-specifikus reprezentációt célszerű alkalmazni)

Lehet, hogy figyelmetlenség, de a fenti kérésre nem találtam magyarázatot a végleges szövegben.

A jelölt a kidolgozott mintapéldákon keresztül sikeresen bizonyította, hogy az előzetekintő modellek segítségével eredményesen vezérelhető pl. A konveyor sebessége, így jelentős termelékenységnövekedés érhető el, fizikai és erőforrásbeli változtatások nélkül, úgy, hogy a felgyülemelő (aktivitás) lassulások/késések - lehetőleg - ne eredményezzenek leállást.

6-ik fejezet, Konklúzió és a tézisek.

A dolgozat áttekintő ismertetése után a jelölt felsorolja tézis szerű állításait.

A tézisek megfogalmazásánál javasolt lehet egy-egy, az újdonságot hangsúlyozó szó beszúrása: pl. "I developed a *novel/new* model...".

Mindhárom tézis esetén érdemes lenne megfontolni, hogy a kinyilatkoztatás után az új modellek, vagy reprezentációs formulák is szerepeljenek, így könnyítve az értelmezés. Akár a magyarázó szöveg rovására...

- I. Tézis: a bemutatottak alapján javaslom elfogadni
- II. Tézis: a bemutatottak alapján javaslom elfogadni
- III. Tézis: a bemutatottak alapján javaslom elfogadni

Összefoglalás

Ruppert Tamás jelölt a termelésinformatika és adatbányászat egy rendkívül fontos területét választotta kutatásai témájának. A kutatómunkát sikeresen elvégezte, célkitűzéseit elérte, melyeket disszertációjában megfelelően összegez. A jelölt eredményei hitelesek, az elvégzett számítások, kísérleti futtatások jól dokumentáltak (I. disszertáció fejezetzáró esettanulmányai és mellékletei).

A disszertáció, ill. a jelölt publikációi alapján megállapítható, hogy a tézisekben közölt eredmények a jelölt saját munkái. Az eredményeket a jelölt nemzetközi folyóirat cikkekben publikálta.

A téziseket, mint új tudományos eredményeket elfogadom, és javaslom - sikeres védelem esetén - a fokozat odaítélését.

Minősítés: elfogadásra javaslok

Budapest, 2020. 05.24.



Dr. Pfeiffer András