



**PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM**  
**UNIVERSITY OF PÉCS**

SZENTÁGOTHAÍ RESEARCH CENTRE

**PhD Opponensi Bírálati Riport**

**Jelöltneve:** Bántay László

**Doktori (PhD) értekezés címe:** "Frequent pattern and process mining-based process operation analysis" (Folyamatirányítási rendszerek gyakori mintázat keresés és folyamatbányászat alapú elemzése)

**1. A kutatási téma tudományos és gyakorlati jelentősége**

A disszertáció témaválasztása időszerű, különösen az Ipar 4.0 és Ipar 5.0 környezetében, ahol az automatizált, intelligens gyártási rendszerek tervezése és elemzése meghatározó szerepet játszik. Az eseményalapú ipari adatokból történő tudáskinyerés, azok strukturált feldolgozása, szekvenciális elemzése és visszacsatolása a működés optimalizálása érdekében az ipari digitalizáció egyik központi kérdése.

A dolgozat olyan problématerületet céloz meg, ahol a meglévő módszerek sokszor nem képesek kezelni az ipari környezetek komplexitását, a nem szabványos eseménystruktúrákat, illetve az ember-gép interakciók egyedi sajátosságait. A szerző által javasolt megközelítések e kihívásokra kínálnak releváns megoldásokat, amelyek tudományosan megalapozottak, és demonstráltan működőképeseek.

**2. A disszertáció szerkezeti, stilisztikai és nyelvi értékelése**

A dolgozat felépítése logikus, az elméleti háttér bemutatása, a kapcsolódó munkák elemzése, a saját módszertan részletes kidolgozása, az implementáció és értékelés, valamint az esettanulmányok bemutatása következetesen haladnak egymás után. Az egyes fejezetek közötti kapcsolatok világosak, a belső kohézió megfelelő.

A dolgozat angol nyelven íródott, a nyelvhasználat összességében megfelelő, bár bizonyos részek szerkesztése stilisztikai finomítást igényelhetett volna. Egyes fogalmak és jelölések nem mindenhol konzisztensen használtak (pl. trace generation vs. identification), ami néhol csökkenti a szöveg precizitását.

Pozitívumként említhető, hogy a jelölt nagy gondossággal mutatja be az alkalmazott algoritmusokat és rendszerelemeket, valamint jól dokumentálja az eredmények validációját is.

A megvalósítás során alkalmazott példák világosan illusztrálják a módszertani újításokat és azok hasznosíthatóságát.

### 3. Tudományos és módszertani hozzájárulás

A dolgozatban négy fő tudományos tézismondat fogalmazódik meg, amelyek külön-külön és együtt is jól tükrözik a kutatás újszerűségét és értékét. Az alábbi részletezett hozzájárulások különösen kiemelendők:

1. **Trace generálás heterogén ipari eseményekből:** A jelölt olyan új megközelítést mutat be, amely képes automatikusan azonosítani a logikai egységként értelmezhető eseményláncokat nem trivialis esetben is, többféle paraméter kombinálásával (idő, eseménytípus, relációs kulcs). A javasolt eljárás skálázhatósága és validációja alátámasztja annak gyakorlati értékét.
2. **Előrejelző modell szekvenciakompresszió és illesztés alapján:** A szerző egy innovatív, bioinformatikai analógián alapuló megközelítést alkalmaz az ipari riasztási események előrejelzésére. A szekvenciaillesztés alkalmazása szokatlan, de hatékony választás, és a kísérletek eredményei meggyőzőek.
3. **Folyamatmodellezés részsorozatok mentén:** A naplóállományok strukturálását segítő gyakori szekvenciák azonosítása és ezek mentén történő log-feldarabolás elősegíti a komplex folyamatmodellek átláthatóságát és elemzését. Ez különösen fontos, ha a logfájlok több párhuzamos vagy egymásba ágyazott folyamatot is tartalmaznak.
4. **Hálózatalapú vizualizációs technika:** A szerző a szekvenciák vizuális megjelenítésére egy gráf-alapú modellt dolgozott ki, amely a gyakori minták feltérképezését és gyors felismerhetőségét támogatja. Ez jól használható eszköz a mérnöki döntéstámogatásban.
5. **HMI-optimalizálás tanuló modellekkel:** Bár fejlesztési stádiumban van, a HMI-rendszerek adaptív vezérlésének koncepciója jelentős potenciált hordoz, különösen ha az ember-gép kapcsolatok időalapú és döntési mintázatai is modellezésre kerülnek.

### 4. Kritikai észrevételek

- A tézisek megfogalmazása jelenlegi formájukban kissé általános, érdekesebb lett volna azok szorosabb összekapcsolása a konkrét algoritmusokkal és azok validációs eredményeivel.
- A publikációkból átvett részek némelyike ismétlődéseket eredményezett (pl. bevezető részek, definíciók), amelyek szerkesztési szempontból elhagyhatók lettek volna.
- A dolgozatban bemutatott vizualizációs technikák további összehasonlító vizsgálata más hasonló ipari vagy kutatási eszközökkel (benchmarking) növelné a módszer általánosíthatóságát.

- Egyes algoritmusleírások (pl. trace-generálás, sequence alignment) esetében jól jött volna pseudokód vagy részletesebb folyamatábra.

## 5. Publikációs tevékenység

A jelölt publikációs teljesítménye példás. Az értekezés eredményei öt nemzetközileg referált, Q1 és Q2 kategóriába sorolt folyóiratban kerültek közlésre, valamennyi esetben első szerzőként. A publikációk lefedik a dolgozat főbb fejezeteit, a tudományos eredmények szerves részeként épülnek be az értekezésbe, és kellően megalapozzák annak tudományos hitelét.

## 6. Összegzés és javaslat

Bántay László értekezése egy aktuális, interdiszciplináris problémakört dolgoz fel, és több szinten is hozzáadott értéket teremt: módszertanilag, rendszertervezés szintjén és alkalmazási oldalon egyaránt. A dolgozat világos szerkezete, a jól dokumentált esettanulmányok és a nemzetközi publikációs teljesítmény együttesen igazolják a kutató önálló tudományos munkára való alkalmasságát.

A fentiek alapján **a PhD értekezést elfogadásra javaslom**, a PhD fokozat odaítélésére teljes mértékben alkalmasnak tartom.

**Pécs, 2025. június 30.**



Dr. Attila Gyenesei

Tudományos főmunkatárs, Központvezető, Magyar Genomika és Bioinformatika Központ  
Szentágothai János Kutatóközpont, Pécsi Tudományegetem