

Bírálati vélemény
Koltai Tamás
„Sensitivity Analysis at Production Planning and Production Scheduling Models” c.
2014-ben kelt MTA doktori értekezéséről

Prof. Em. Dr. Kovács György

Az értekezés téma- és címválasztása, aktualitása

Az elmúlt évtizedekben végbement technikai fejlődésnek és az info-kommunikációs technológiák fejlődésének köszönhetően a gyártó/termelő-rendszerek tervezőinek és működtetőinek egyre komplexebb (tervezési, működtetési) problémákat kell megoldaniuk.. E problémák megoldásakor nélkülözhetetlen a kvantitatív alapokra épülő döntéstámogató rendszerek fejlesztése és információinak sokoldalú felhasználása. Az alkalmazott kvantitatív eszközök egyrészt szükségessé teszik a termelési folyamatok minél valósághűbb modellezését, másrészt lehetővé teszik a modellek által szolgáltatott információk minél teljesebb, széleskörű kiaknázását.

A jelölt a termelés-tervezés és -ütemezés területén használható kvantitatív eszközök kutatását, fejlesztését és lehetőségeik kiaknázását tűzte ki célként. Az értekezés a termelőrendszerek működésének modellezésével foglalkozik, de a matematikai modellezés eszközeinek alkalmazásakor kihasználja a részben a szakmai pályafutásából is következő mélyebb gazdálkodástani, költségelemzési ismereteit is. A témaválasztás e tekintetben igen szerencsés, mert szellemében a kvantitatív eszközökre épülő versenyzés („competing on analytics”) terjedőben lévő szemléletét alkalmazza, amelynek során egyesíti az operációkutatás, matematikai modellezési, és gazdálkodástan alapjait és eredményeit. A jelölt által alkalmazott komplex közelítés egyrészt új elméleti eredményekhez, másrészt fontos gyakorlati problémák megoldásához is vezetett. A cím megfelelően leírja a dolgozat tartalmát, bár kicsit általánosabb közelítést sejtet, mint ahogy az a tárgyalás során ténylegesen megvalósult. Az értekezés néhány alapvető termelésstervezési és termelésütemezés probléma érzékenységvizsgálatával foglalkozik. Miután a vizsgálat a probléma megoldásához használt matematikai modelltől függ, és a tervezési és ütemezési problémáknak nagyon sok változata előfordulhat, nem is valószínű, hogy minden problémára általánosan érvényes eredmények megfogalmazhatók. Talán szerencsés lett volna ezért utalni a címben arra, hogy *néhány alapvető* termelésstervezési és termelésütemezési modell érzékenységvizsgálatáról van szó. Kár, hogy a cél, ami a címben is van, nem a valóságra vonatkozik, hanem „csak” a modellekre.

Az értekezés formája tartalmi felépítése

Az értekezés angol nyelven készült és 114 oldal terjedelmű. Kivitele, szerkesztése, ábrái szépek, jól szerkesztettek, és a rengeteg képlet dacára jól olvasható. Angolsága megfelelő. Végig érződik, és a munka előnyére válik a jelölt mérnök- és közgazdász-gondolkodásának jó kombinációja.

Az értekezés „törzsanyagát” a 2-6. fejezete tartalmazza 95 oldalon.

Az 1. fejezet a téma aktualitását tárgyalja, felvázolja a kutatási kérdéseket és ismerteti az értekezés felépítését. A 7. fejezet az értekezéssel kapcsolatos néhány általános gondolatot tartalmaz és a fő eredményeket összegzi.

A 8. és 9. fejezetek a felhasznált irodalmakat (kb. 150 tétel), valamint a jelöltnek az eredményeket tartalmazó saját munkáit sorolja fel (kb. 40 tétel).

Az **1. fejezet** (Bevezetés, 4 o.) az értekezés témakörével és meghatározó gondolatvilágával kapcsolatos irodalmi áttekintést tartalmaz. A részletes szakirodalmi áttekintés az érdemi részeket tárgyaló 2-6. fejezetek elején található. Ez logikus következménye annak, hogy a tárgyalt problémák tartalmilag elkülönülnek, így az adott probléma szakirodalmi hátterét a problémát tárgyaló fejezetnél célszerű áttekinteni. Hasonló megállapítás igaz az értekezésben alkalmazott jelölések jegyzékére is. Minden tárgyalt kutatási probléma fejezete önálló jelölésjegyzékkel rendelkezik. Ez nagyjából indokolt is, mert a sok, gyakran eltérő modellezési elvekre épülő jelölések egyetlen jegyzékbe foglalása nehézkessé tenné a képletek és magyarázatok értelmezését. Ugyanakkor meg kell jegyezni, hogy jelentős többletmunkával ugyan, de megoldható lett volna egy – általában elvárt és elfogadott - egységes jelölésrendszer alkalmazása

Az értekezés 2-6. fejezete részletesen tárgyalja a jelölt által a bevezető fejezetben felvázolt 5 kutatási probléma szakirodalmi hátterét, kutatási előzményeit, a problémák részletes leírását, azok megoldását, az eredményeket és az eredmények elméleti és gyakorlati vonatkozásait.

A **2. fejezet** (18 o.) a termeléstervezés egy speciális esetével foglalkozik. Amikor a termeléstervezési probléma lineáris programozási (LP) modellként fogalmazható meg, az érzékenységvizsgálati eredmények félrevezető eredményhez vezethetnek. A jelölt egyrészt általánosan vizsgálta és elkülönítette a jellegzetes érzékenységvizsgálati eseteket (I. II. és III. típus), valamint kidolgozott egy algoritmust az érvényességi tartomány felső korlátját adó III. típusú érzékenységi tartomány meghatározására. Ezzel a lineáris programozás egy fontos problémájára világított rá, továbbá a pontosabb érzékenységi információ meghatározásával a gyakorlati döntéshozatalt is segítette.

A fejezet először összefoglalja a szükséges elméleti alapokat és áttekinti a szakirodalomban a vizsgált problémával kapcsolatban már publikált eredményeket, majd definiálja és magyarázza az általa javasolt érzékenységi típusokat. A jelölt egy szemléletes, grafikusan megoldható és vizsgálható példa segítségével illusztrálja a vizsgálni kívánt problémát és mutatja be a degenerációkor jelentkező téves információk jelentőségét. Ezt követően összefoglalja az érzékenységi tartomány felső határát adó III. Típusú érzékenységi információk számításához szükséges modelleket és felvázolja a számítási algoritmust. Végezetül egy grafikusan már nem ábrázolható feladat segítségével mutatja be az algoritmus működését és az eltérő érzékenységi típusok eredményeit és jelentését. E feladat, bár grafikusan nem oldható meg, de tulajdonságai miatt, mégis kikövetkeztethetők a helyes eredmények, így szemléletesen bemutatathatók az érzékenységi típusok közötti különbségek.

A 2. fejezet látszólag a termeléstervezési modellek egy speciális esetével (lineáris programozás) foglalkozik, de a specialitás ellenére az eset gyakorlati jelentősége nagy. Sokszor ugyanis nemlineáris problémákat lineáris problémává alakítva oldunk meg, másrészt az LP megoldás gyakran kiinduló megoldása, vagy felső korlátja a nemlineáris megoldásnak. Így az eredmények hatása messze túlmutat a speciális jellegen.

A **3. fejezet** (20 o.) a rugalmas gyártórendszerek kapacitáselemzési problémájával foglalkozik. A jelölt azt a rugalmas gyártórendszereknél jelentkező sajátos problémát vizsgálja, hogy a kapacitás csak akkor határozható meg, ha ismert, hogy a gyártás során mely műveleteket melyik gép végzi és milyen sorrendben (routing).

Ugyanakkor azonban sok, a kapacitással kapcsolatos kérdés már akkor felmerül, amikor még az ilyen részletes tervezési információ (routing) nem ismert. A gépkapacitásra épülő kapacitáselemzés ezen információk hiányában tehát nem lehetséges, avagy túlzottan bonyolult és bizonytalan lenne. A jelölt ilyen esetekre bevezette a művelettípus fogalmát és kidolgozta a művelettípus-halmazra épülő kapacitáselemzés matematikai modelljét.

A fejezet első részében a jelölt felvázolja a vizsgálni kívánt problémát, majd áttekinti a vonatkozó szakirodalmat. Ugyancsak a bevezető rész tartalmazza a jelölt azon kutatási eredményeit, amelyek a művelettípus alapú aggregálás kidolgozásához vezettek. E kutatási előzmények inkább a költségszámítás témakörébe tartoznak. Talán ezért sem szerepel nagyobb terjedelemben ezen eredmények bemutatása az értekezésben. Ezt követően a fejezet a művelettípus alapú aggregálás alapfogalmait, összefüggéseit tartalmazza, és a számításokat és eredményeket egy kis mintapélda segítségével szemléletesen bemutatja. A fejezet kitér a javasolt modell méretének és a számítási idő (CPU time) összefüggésének elemzésére.

A 3. fejezet ezt követően rátér az értekezés vezérfonalát képviselő érzékenységvizsgálatra. A jelölt megvizsgálja, hogy a gépek kapacitása, valamint a fajlagos megmunkálási idő változása hogyan befolyásolja a definiált alsó és felső kapacitáskorlátokat. A definiált művelettípus alapú aggregálás és az ez alapján meghatározott kapacitáskorlátok és érzékenységi összefüggések a fejezet legfontosabb tudományos eredményei.

A **4. fejezet** (38 o.) a gyártósor-kiegyenlítési (ALB) modellek egy gyakorlati szempontból meghatározó kiegészítésével foglalkozik. A gyártósoron dolgozó munkások eltérő képzettsége a gyártósor működését lényegesen befolyásolja, ezért szükséges ennek figyelembevétele a modellezésnél. A jelölt azonosította a legfontosabb képzettségi korlát típusokat és egységes modellezési elvekre építve összefoglalta a korlátokat leíró egyenleteket. Vizsgálta továbbá, hogy a gyártási mennyiség változásának milyen hatása van a gyártósor hatékonyságára és az optimális gyártósor-konfigurációra.

A fejezet a gyártósor-kiegyenlítési modellek kialakulását és osztályozását összefoglaló szakirodalmi áttekintéssel, valamint a jelölt által használni kívánt alapmodell bemutatásával kezdődik. Ezt követően a jelölt definiálja a képzettségi korlát típusokat és ismerteti az egyes korláttípusok matematikai modelljeit. A képzettségi korlátok bevezetése megnöveli az ALB modellek bináris változóinak számát. A jelölt kifejlesztett egy módszert a képzettségi korlát felírásához szükséges bináris változók számának csökkentésére, segítve ezzel a gyakorlati alkalmazhatóságot. Ezt követően egy kerékpár-összeszerelő üzem példáján keresztül bemutatja a definiált képzettségi korlátok működését és hatását az optimális megoldásra.

A fejezet második része a gyártási mennyiségnek a gyártósor hatékonyságára kifejtett hatását elemzi. Itt ismét az értekezés fő elméleti kerete köszön vissza: mennyire érzékeny e fontos paraméter változására az optimális megoldás? A hatékonysági függvény szakaszonkénti linearitásának igazolása után az illusztráció ismét a már korábban bemutatott gyártási folyamat példájával történik. A fejezet záró szakaszában a jelölt a modellek gyakorlati alkalmazásával kapcsolatos néhány fontos korlát vizsgálatával foglalkozik. A tevékenységi idők determinisztikus jellegének feloldása, valamint a tanulás figyelembevételének lehetőségét elemzi, de ezek részletes vizsgálatára már nem tér ki.

Általános véleménye e korlátokkal kapcsolatban az, hogy elhanyagolásuk bizonyos feltételek esetén nem befolyásolja lényegesen a modellek alkalmazhatóságát.

Az **5. fejezet** (16 o.) az értekezés másik nagy területéhez, a termelésütemezéshez tartozik. Komplex gyártási folyamatok termelésütemezésének fontos eszköze a diszkrét szimuláció, melyet gyakran alkalmaznak ütemezési algoritmus részeként, vagy valamilyen ütemezési algoritmus eredményének ellenőrzésére. A jelölt diszkrét szimulációra építve határozza meg egy ütemezés átfutási idejének érzékenységet a műveleti idő változására, és vizsgálja a kapott gradiens érvényességi tartományát.

A fejezet első része a diszkrét szimulációhoz tartozó perturbáció-elemzés alapjait foglalja össze és áttekinti a téma szempontjából meghatározó szakirodalmat. Ezt követően az érzékenységi számítások elvégzéséhez szükséges paramétereket és azok számítási módját mutatja be. Ezen előkészítés után levezeti a műveleti idő változásának felső és alsó határát. Állítása szerint ezen határok között az átfutási idő változása (gradiense) állandó. E rész zárásaként a számítás gyakorlati végrehajtásának modelljét ismerteti diszkrét szimulációs környezetben.

Az 5. fejezet befejező részében a jelölt a gradiens és az érvényességi tartomány számítását három példán keresztül szemlélteti. Az első példa egy illusztrációs célokat szolgáló egyszerű gyártósor, amely elsősorban a számítás végrehajtását és a diszkrét szimulációs eredmények érzékenységvizsgálati információval történő kiegészítését mutatja be. A második példa egy rugalmas gyártórendszer gyártási mennyiségének útirány érzékenységet szemlélteti. Ebben az esetben a jelölt állítása szerint az útirány szerinti érzékenység a műveleti idő szerinti érzékenység függvénye. Végezetül a harmadik példa egy valós acélipari folyamat esetében mutatja be a perturbáció-elemzés alkalmazását. Ebben az esetben egy fontos művelet idejének változásakor szükséges beavatkozás jelzésére használja a jelölt az érzékenységi információkat.

A **6. fejezet** (17 o.) a termelésütemezés egy speciális esetével foglalkozik. Az ütemezés elmélet egyik sokat tárgyalt területét alkotják az egygépes ütemezési feladatok. Ilyenkor egyetlen gépre várakoznak az ütemezendő feladatok és a feladatok elvégzésének valamely célfüggvény szerint optimális sorrendjét kell meghatározni. A jelölt azt vizsgálja e fejezetben, hogy a készlettartási költség számításának módja hogyan befolyásolja az optimális sorrendet egy olyan esetben, amikor just-in-time szerűen érkezik az alapanyag és közös, vagy csak kismértékben eltérő a szállítási határidő. A vizsgált probléma két szempontból is érdekes. Egyrészt, a készlettartási költséget befolyásoló tényezők vizsgálata termelésmenedzsment szempontból fontos. Másrészt, a folyamidő számítási módja termelésszervezési szempontból nagy jelentőségű.

A vonatkozó szakirodalom áttekintése és az alapfogalmak definiálása után a jelölt négy ütemezési problémát old meg. Meghatározza az optimális megoldást egyrészt a készlettartási költség legkisebb értékét adó periodikus kamatszámítás esetében, másrészt a készlettartási költség legnagyobb értékét adó folyamatos kamatszámítás esetében. Mindkét feladatot megoldja továbbá közös és eltérő határidők esetére is. A matematikai levezetések eredményeként kapott ütemezési szabályok optimális megoldást adnak, amelyet a jelölt megfelelően bizonyított.

Az optimális megoldás meghatározását követően az értekezés fő gondolatmenetét követve ismét az érzékenységvizsgálat következik. A jelölt megvizsgálja, hogy milyen feltételek esetén különbözik periodikus és folyamatos kamatszámítással kapott célfüggvény esetén az optimális megoldás. Analitikusan meghatározza az optimális megoldások eltérésének feltételeit.

A kapott összefüggések igazolják azt a fontos – és tézisként is megfogalmazott – megállapítást, hogy a gyakorlatban csak egészen speciális, ritkán előforduló esetekben térnek el egymástól az optimumok. A kamatszámítás módja tehát nem befolyásolja az optimális ütemezést. E megállapítást a jelölt analitikusan, grafikusan és egy valós ütemezési probléma konkrét adataival is alátámasztja.

Következtetések, a tézisek értékelése

A jelölt az értekezés 5 fő fejezetének eredményeit 5 téziscsoportban foglalta össze, összesen 11 tézise van. Ez elég sok, de még kezelhető. Ha a doktori folyamat során a jelölt megkérdezhetett volna, akkor bizonyára javaslok összevonásokat, de ez most köztudomású lenne, így elfogadom, ahogy van. A tézisek egyrészt a részletes tárgyalás során a fejezetek közben megtalálhatók, de a fejezetek végén külön kiemelve is olvashatók. E tézisek (szó szerinti) magyar fordítása szerepel a tézisfüzetben.

Az egyes fejezetek végén „szerényen” eredményként (results) feltüntetve tulajdonképpen a Tézisek szerepelnek, és mivel a Bevezetés nem tartalmaz tézist a (fejezetszám-1)=tézisszám összefüggés helytálló.

Az egyes tézisekkel kapcsolatban a véleményem a következő:

1/1 tézis: Az 1/1 tézis a lineáris programozás érzékenységvizsgálati eredményeinek osztályozásával foglalkozik. A javasolt osztályozást *elfogadom új tudományos eredménynek*. A jelölt meggyőzően mutatta be az osztályozás szükségességét és az egyes kategóriák eltérő információtartalmát. Nagyszámú pozitív nemzetközi szakirodalmi hivatkozás is jelzi az eredmény fontosságát.

1/2. tézis: Az 1/2 tézis a III. típusú érzékenységvizsgálat számításához szükséges matematikai modellek összefoglalását és a számítási algoritmust tartalmazza. *Elfogadom új tudományos eredménynek* az érzékenységi tartomány felső határának számítására kifejlesztett algoritmust, melynek működését és szükségességét a jelölt több példával is meggyőzően illusztrálta.

2/1. tézis: A 2/1. tézis a művelettípus alapú aggregálás alapján meghatározott kapacitáskorlátok jelentőségével foglalkozik. A művelettípus-halmaz alsó és felső határának számítására levezetett összefüggéseket *elfogadom új tudományos eredménynek*. A jelölt meggyőzően igazolta az új aggregálási mód szükségességét abban az esetben, amikor a gyártási útvonalak még nem ismertek.

2/2. tézis: A 2/2. tézis a művelettípus-halmaz kapacitáskorlát változását vizsgálja a *fajlagos gyártási idő* függvényében. *Elfogadom új tudományos eredménynek* a fajlagos gyártási idő változásának alsó és felső határát meghatározó összefüggéseket. A jelölt igazolta ezek szükségességét és megfelelően mutatta be a kapott eredmény jelentőségét.

2/3. tézis: A 2/3. tézis a művelettípus-halmaz kapacitáskorlát változását vizsgálja a gépkapacitás függvényében. *Elfogadom új tudományos eredménynek* a gépkapacitás változásának alsó és felső határát meghatározó összefüggéseket. A jelölt igazolta ezek szükségességét és megfelelően mutatta be a kapott eredmény jelenőségét.

3/1. tézis: A 3/1. tézis az egyszerű gyártósor-kiegyenlítési modelleket egészíti ki a munkaerő képzettségét figyelembe vevő korlátokkal. A tézisben megfogalmazott három képzettségi típust és azok matematikai modelljét *elfogadom új tudományos eredménynek*. A jelölt egy gyakorlati példával is meggyőzően alátámasztotta a javasolt kategóriák szükségességét és a matematikai modell működését.

3/2. tézis: A 3/2. tézis meghatározza a gyártási mennyiség változásának az optimális gyártósor-konfiguráció hatékonyságára kifejtett hatását és kijelöli a linearitási intervallum alsó és felső határát. Az optimális gyártósor-konfiguráció érvényességi tartományának meghatározását *elfogadom új tudományos eredménynek*. A jelölt grafikusan is szemléltette és egy gyártási folyamat segítségével is bemutatta a tartomány meghatározásának fontosságát és szerepét.

4. tézis: A 4. tézis egy termelésütemezés átfutási idejének egy műveleti idő szerinti gradienséhez tartozó érvényességi tartományt határozza meg. A műveleti idő változására levezetett alsó és felső korlátot *elfogadom új tudományos eredménynek*. A jelölt igazolta az alsó és felső korlát létezését és több elméleti és gyakorlati példán bemutatta a számítás menetét és a kapott eredmény jelentőségét.

5/1. tézis: Az 5/1 tézis az egyetlen gépre várakozó feladatok optimális sorrendjének optimalitási kritériumát fogalmazza meg, arra az esetben, amikor a készlettartási költséget periodikus kamatszámítással határozzuk meg, valamint arra az esetre, amikor a készlettartási költséget folyamatos kamatszámítással határozzuk meg és *közös* a feladatok elvégzési határideje. *Elfogadom új tudományos eredménynek* a levezett ütemezési szabályokat, amelyek segítségével optimális ütemezés kapható. A jelölt megfelelően bizonyította, hogy az így kapott megoldás optimális.

5/2. tézis: Az 5/2 tézis az egyetlen gépre várakozó feladatok optimális sorrendjének optimalitási kritériumát fogalmazza meg, arra az esetben, amikor a készlettartási költséget periodikus kamatszámítással határozzuk meg, valamint arra az esetre, amikor a készlettartási költséget folyamatos kamatszámítással határozzuk meg és *eltérő* a feladatok elvégzési határideje. *Elfogadom új tudományos eredménynek* a levezett ütemezési szabályokat, amelyek segítségével optimális ütemezés kapható. A jelölt megfelelően bizonyította, hogy az így kapott megoldás optimális.

5/3. tézis: Az 5/3 tézis a periodikus és folyamatos kamatszámítással kapott optimális megoldások eltéréseivel kapcsolatban tesz általános érvényű megállapítást. *Elfogadom új tudományos eredménynek* azt a megállapítást, amely szerint a vizsgált esetekben a kétféle készlettartási költség számítás alapján kapott optimális ütemezések csak a gyakorlatban ritkán előforduló, kivételes esetekben térnek el egymástól. A jelölt meghatározta az eltérések feltételét és egy valós gyártási folyamat segítségével mutatta be a megállapítás jelentőségét.

Kritikai megjegyzések

Az értekezéssel kapcsolatban tett - az új tudományos eredmények lényegét nem érintő - kritikai észrevételeim az alábbiak

- Az LP (lineáris programozás) modellek túlzott hangsúlyozása és sokoldalú vizsgálata azt az érzetet kelthetik, mintha a gyártórendszerek többségére alkalmazhatók lennének. Pedig, ha figyelembe vesszük a gyártórendszerek néhány, a tervező és üzemeltető számára „kellemetlen” tulajdonságát (pl. nem lineáris, dinamikus, heurisztikus), akkor az LP modellek általában nem életképesek.
- A 4. fejezet végén a jelölt kitér a tanulás szerepére és jelzi, hogy annak hatása lehet a ciklusidőre és az optimális tevékenység-hozzárendelésre, de ezzel kapcsolatban csak általános megállapításokat tesz. Az általános megállapításon túl, formálisan is kifejezhető ez a hatás?
- A 6. fejezet 6.2.1 pontjában a jelölt levezeti a leghosszabb műveleti idő szabályt (LPT), mint optimalitási kritériumot, az általa vizsgált problémára. Ugyanakkor a gyakorlatban hasonló (de nem azonos) problémákra gyakran alkalmazzák a legrövidebb műveleti idő (SPT) szabályt, ami éppen ellenkezője a jelölt által levezetett szabálynak. Az SPT szabály elterjedtsége miatt talán érdemes lenne részletesen kifejteni, hogy mi az alapvető különbség a két egymással éppen ellentétes eredményt adó probléma között. További optimalizálási kritériumok is megfogalmazhatók lennének (pl. random műveleti idők).

Kritikai megjegyzések a Tézisfüzettel kapcsolatban

Tekintettel arra, hogy Tézisfüzetnek önállóan is értelmes és érthető olvasható műnek kell lennie, különös gondossággal olvastam. Az értekezés angol nyelvű, a Tézisfüzet magyarul készült, így óhatatlanul kerültek bele fordítási érdekességek, ezekkel nem érdemes foglalkozni. Néhány megjegyzés következik, amelyeket a Tézisekhez írok, de a dolgozat törzsrészére is értendő:

- annak dacára, hogy az értekezésben vannak alkalmazások, amelyek az eredményeket igazolják a Tézisfüzetben a jelölt csak felsorolja a felhasználási mintapéldákat. Emiatt a téziseknek csak az elméleti ereje vizsgálható. Ugyanakkor a termelésstervezés és a termelésütemezés a gyakorlatban mutatja csak meg, hogy mit ér egy-egy algoritmus-javítás, -módosítás
- a Tézisfüzet Bevezetés 2. bekezdésében: működésének javítása helyett a működtetése és javítása jobban hangzana, és talán a valóságnak is jobban megfelelne
- jó lenne néhány alapfogalom meghatározása/megmagyarázása: rögtön a legelején a „félművelt” olvasó kedvéért. (pl. termelésstervezés és termelésütemezés
- a 2.2-ben szó esik a rugalmas gyártórendszerekről, ahol rugalmasságként a „routing” rugalmasság szerepel. Ezen kívül ismerünk még egy csomó fajta rugalmasságot mint pl. a volume, machine, production, process stb. Ezek közül is érdemes lenne még 1-2-vel foglalkozni.
- a 2.5-ben hiányolom a mesterséges intelligens megközelítést, itt szakértő rendszerekre, vagy pl. mesterséges neurális hálókra gondolok
- a SIMAN IV. ma már elavult szimulációs rendszernek tekinthető

- „Az ötödik kutatási probléma egy kombinatorikus ” kezdetű mondatban az „egy” nem világos, és nehezen hihető.
- nem vehető zokon, de a Tézisek szakcikkekben lévő publikálása meglehetősen szétszórt, nyilván az egyes cikkek nem a tézisek közzétételét célozták, hanem kellő számú és minőségű cikk már jó alapot adott a tézissé fogalmazáshoz.

Összefoglaló értékelés, bírálói javaslat

A benyújtott értekezés, az abban foglalt eredmények, valamint az eredményeket tartalmazó értékes publikációk meggyőztek arról, hogy Koltai Tamás a saját kutatási eredményeit ismerteti, amelyek egyértelműen elkülöníthetők a kandidátusi fokozat megszerzéséig elért eredményeitől. A doktori munka eredményeit és azok tudományos értékét elegendőnek tartom az MTA doktora cím megszerzéséhez.

Az értekezésben foglalt tudományos eredmények tükrözik a jelölt műszaki és gazdasági területen végzett munkájának kölcsönhatását. Részben a két közelítés együttes hatásának köszönhető a műszaki területen feltárt új kutatási problémák és az azokra tett megoldási javaslatok. Az értekezés a korábban publikált műveinek egységes keretbe szerkesztéséből áll, amelyet az érzékenység vizsgálat, mint fő vezérfonal meggyőzően foglal keretbe. Az értekezésben nyomon követhető a jelölt érzékenységvizsgálattal kapcsolatban kifejtett hosszú évekre visszanyúló szisztematikus kutatómunkája. Különösen értékesnek tartom, hogy az elméleti eredmények jelentőségét több esetben valós gyakorlati folyamatok illusztrálják az értekezésben, noha korábban keveselltem a gyakorlati alkalmazásokat.

Az értekezéssel kapcsolatban tett kritikai észrevételeim nem érintik a tudományos eredmények lényegét, nem csökkentik a dolgozat tudományos értékét.

Az értekezés minden egyes tézisét elfogadom új tudományos eredménynek.

A fentiek alapján javaslom a nyilvános vita kitűzését és sikeres védelem esetén a doktori mű elfogadását és a cím megítélését.

Budapest, 2015. augusztus 10.



Kovács György