

Válasz Lantos Béla Professor Úr “Data Mining Techniques for Process Development” című MTA doktori értekezéssel kapcsolatos opponensi véleményére

Nagyon szépen köszönöm Lantos Béla Professor Úrnak disszertációm alapos, mindenre kiterjedő véleményezését, az elismerő szavakat és a kritikus megjegyzéseket, melyeket kivétel nélkül köszönettel elfogadok. Külön köszönöm a kérdéseket, melyek inspirációt adnak további kutatásaimhoz, és lehetőséget teremtettek a dolgozatomban kevésbé részletesen tárgyalt témakörök kifejtésére, mindezek által munkám fejlesztésére és elfogadtatására.

A dőlt betűvel szedett kérdésekre és megjegyzésekre felmerülésük sorrendjében válaszolok:

Válasz a formai észrevételekre

Megtisztelő számomra, hogy Lantos Professor Úr az értekezés angol nyelvezetét és stílusát jónak tartotta. Professor Úr az elvtve előforduló elütések jelzésén túl a következő szerkesztési hiányosságokra hívta fel a figyelmet:

Nem világos, hogy mi a sárgával jelölt adat Figure A.5-ben (p.98).

Az ábra felső részén feltüntetett „input” jelölés sajnos nem teljesen egyértelműen definiálja, hogy a sárgával jelölt adatsor a silóba belépő tömegáramot jelöli.

Nem világos, hogy a Figure A.8/(b)-ben szereplő változások kb. 5 és 12.5 óránál (figyelembe véve az időtengely 15s-os léptékét), milyen kapcsolatban vannak a szövegben jelzett termékváltásokkal a 24, 54 és 86 óra körül.

Az A.8/(b)ábrához tartozó információk tárgyalása a 100. oldalon az *Analysis of Grade Transitions* alfejezetben található. Professor Úr által jelzett időpontok az A.1 példában kerültek definiálásra, melyhez - ahogy a dolgozat pontosan is jelzi - az A.9-es ábra tartozik. Ezen az ábrán egyértelműen látszanak a termékváltások.

Professor Úr felvetése alapján ma már pontosan látom, hogy célszerű lett volna egy oldaltörést beszúrni az A.1 példa elé, lehetővé téve hogy az jobban elkülönüljön a megelőző rész ábráitól.

Válasz a tézisek értékelésével kapcsolatos kérdésekre, megjegyzésekre

1. téziscsoport

Megtisztelő számomra, hogy Lantos Professor Úr, a dolgozat és a téziszűzet áttekintését követően az első téziscsoport megállapításait az alábbi megfogalmazásban elfogadja:

Folyamat-adattárházak egy lehetséges struktúrájának meghatározása, amely integrálja az operátor felügyeleti (OSS) és a döntéshozatali támogató (DSS) alrendszereket a hibadetektálás/hibadiagnózis, termékminőség ellenőrzés és folyamatrend vizsgálatokban.

Professor Úr véleményét teljes mértékben elfogadva, a tézis alpontjaival kapcsolatos felvetéseire az alábbi kiegészítéseket szeretném tenni:

Az 1.1 tézis mérnöki szempontból triviális megállapítás.

A dolgozat szerkesztésekor magam is bizonytalan voltam abban, hogy van-e létjogosultsága fejlesztési tevékenységekhez kötődő publikációk^{1,2} tézisszerű szerepeltetésének. A kialakított felépítéssel arra szerettem volna felhívni a figyelmet, hogy a javasolt megoldás sikeres kivitelezésére elvértve látni példát az ipari gyakorlatban. Úgy gondolom, ennek oka az, hogy nagyon kevés helyen áll rendelkezésre a folyamat-adattárházak építéséhez és a technológiai rendszerek információs szigeteinek dinamikus modellt igénylő összekapcsolásához szükséges tudás és eszköztár.

Az opponensi véleményeket alaposan áttanulmányozva és egyetértve Professor Úr dolgozat felépítésével kapcsolatos megjegyzésével, ma már úgy gondolom, hogy ehhez a tézisponthoz kapcsolódó anyagot célszerűbb lett volna a tudományos eredmények alkalmazhatósága kapcsán szerepeltetni.

¹ Pach F P, Feil B, Nemeth S, Arva P, Abonyi J, Process-data-warehousing-based operator support system for complex production technologies, IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS MAN AND CYBERNETICS PART A-SYSTEMS AND HUMANS 36: pp. 136-153. (2006), IF: 0.980, Független idéző: 4

² Balasko B, Nemeth S, Nagy G, Abonyi J, Integrated Process and Control System Model for Product Quality Control – Application to a Polypropylene Plant, Chemical Product and Process Modeling , 3:(1) pp. 1-12. Paper 50. (2008), DOI: 10.2202/1934-2659.1213

1.2-1.3 tézisek nem mondanak többet, mint hogy nemlineáris modellekbe önálló egységként NN modellek is beágyazhatók. Függelék A.3 ezt szemi-mechanisztikus modellnek nevezi, lényegében azonban ez felfogható alkalmasan választott bemenőjel transzformációnak is.

A szemi-mechanisztikus modellek fekete doboz elemei általában összetett statikus összefüggéseket írnak le, olyanokat, melyeket a modellező – tekintve, hogy mivel nem áll rendelkezésre a teljes modellalkotáshoz szükséges mérnöki és természettudományos ismeret - kénytelen az elérhető adatokra támaszkodóan kezelni.

Professzor Úr értelmezésével egyetértek, ezek a fekete doboz modell-elemek bemenőjel transzformációként is felfoghatók, hasonlóan ahhoz, ahogy a Hammerstein modellek statikus nemlinearitást leíró elemei is értelmezhetők bemenőjel transzformációként³. A probléma a szemi-mechanisztikus modellek esetében általában jóval összetettebb, hiszen a nemlineáris fekete doboz modell-elemek bemenetei az összetett állapotter modell állapotváltozói közül kerülnek ki.

A kapcsolódó tézispont megfogalmazása során a terminológia következetes átvételével törekedtem arra, hogy pontosan igazodjak azokhoz a folyamatmérnöki tudományban széles körben elterjedt kutatási és fejlesztési eredményekhez melyeket csaknem 20 éve Psychogios és Ungar⁴, illetve Michael Thompson és társai⁵ által kidolgozott módszertan megalapozott.

E kiegészítéssel Lantos Professzor Úr véleményét a tézispont értékelésével kapcsolatban elfogadom, ugyanis értelmezésem szerint a tézispont általa javasolt megfogalmazása egybecseng Kóczy László Professzor Úr opponensi véleményével:

Az 1.2 altézis beépíti az intelligens számítási elemeket, a neurális hálózatos és a fuzzy modelleket. Ennek az altézisnek a tudományos újdonsága, egy klaszterezésen alapuló Takagi-Sugeno fuzzy részmodelleket tartalmazó, a Jelölt által szemi-mechanisztikusnak nevezett modell, melynek paramétereit spline-simításon alapuló technikával lehet becsülni. Az 1.3 altézis a Kálmán-szűrő alkalmazása és az idősor-szegmentáció új algoritmus, amely sokváltozós esetben is alkalmazható. Ezen téziscsoport tudományos értékét elsősorban az 1.3 altézis új algoritmus jelenti.

³Abonyi, J., Babuška, R., Ayala Botto, M., Szeifert, F., Nagy, L., Identification and control of nonlinear systems using Fuzzy Hammerstein models, Industrial and Engineering Chemistry Research 39 (11), pp. 4302-4314, 2000, Független idéző: 33

⁴Psychogios, D.C., Ungar, L.H., A hybrid neural network-first principles approach to process modelling (1992) AIChE JOURNAL, 38 (10), pp. 1499-1511. Cited 246 times.

⁵Thompson, Michael L., Kramer, Mark A., Modeling chemical processes using prior knowledge and neural networks, (1994) AIChE Journal, 40 (8), pp. 1328-1338. Cited 228 times

Nem világos az sem, hogy az integrált rendszer, mint szoftvertechnológiai termék, milyenformában és általánosságban valósult meg.

A folyamat-adattárház fejlesztési és elemzési keretrendszer a TVK Rt HDPEI. és PP4 üzemeihez kapcsolódó fejlesztési feladatok kapcsán került kidolgozásra. A teljes részletességű prototípusokat MySQL – MATLAB – Office – és a Honeywell folyamatirányító rendszer belső felépítését MATLAB/Simulink-ban leképező eszközök alkalmazásával valósítottuk meg. A rendszer operátorokat és technológusokat rendezett adatokkal és jelentésekkel támogató egyes elemeit az üzem területén a napi működés támogatásának érdekében is kialakítottuk és használatba adtuk. A munkához kapcsolódóan munkatársaimmal az elmúlt évben aktív szerepet vállaltunk a TVK Rt. monitoring rendszerének műszaki specifikálásában, mely információs rendszer teljes körű kialakítása folyamatban van. Moldoványi Nórával- a Honeywell Hungary APC (Advanced Process Control) mérnökével – kristályosítók modell alapú szabályozása kapcsán vizsgáltuk a keretrendszer egyes elemeit⁶, MATLAB és Honeywell eszközök OPC-vel történő integrálásával.

2. téziscsoport

Megtiszteltetés számomra, hogy A 2.1-2.4 téziseket Professzor Úr eredeti formájukban elfogadhatónak találta.

3. téziscsoport

Megtisztelő számomra, hogy Lantos Professzor Úr, a harmadik téziscsoport állításait az alábbi megfogalmazásban elfogadja:

Stabil folyamatok diszkrétidejű fuzzy TS approximációs modelljeinek meghatározására korábbi irodalmi eredmények bevonásával identifikációs módszer kidolgozása, amely a bemenőjelek tagsági függvényeinek ismerete esetén QP optimalizálást alkalmaz, és korlátozásokként figyelembe tudja venni a stabilitási, dc-erősítés és felfutási idő elvárásokat a paramétertérben (3.1 tétel). Módszer kidolgozása vegyipari folyamatok reakciókinetikai paramétereinek meghatározására köbös splinetechnika és alternatív optimalizálás bevonásával, amely figyelembe tudja venni az apriori anyagmérlegeket és bilineáris korlátozásokat (3.2 tétel).

⁶Moldovanyi N, Abonyi J, Model Predictive Control of a Continuous Vacuum Crystalliser in an Industrial Environment: A Feasibility Study, CHEM BIOCHEM ENG Q 23: (2)195-205 (2009), IF: 0.346

4. téziscsoport

A tézisek kevés új eredményt tartalmaznak. A GP alkalmazása a modellezésben már kb. tíz éve ismert a gyakorlatban és megjelent a hazai egyetemi oktatásban is (pl. BME IIT diplomatervben 2003-ban). A vektorkritériumú optimalizálás köréből szintén ismert, hogy az ott nem összehasonlítható Pareto-optimumok közül egy döntéshozó szakértőnek kell kiválasztani a megoldást. A fentiek tükrében a szerzőeredménye ígéretes kísérlet, de nem átütő új tudományos eredmény.

A dolgozat összeállításakor a terjedelmi lehetőségeket maximálisan kihasználva kívántam ismertetni a technológiafejlesztés támogatására alkalmas információátviteli és tudásfeltárási elemeket felvonultató kutatási eredményeim közül azokat melyek az elmúlt 10 évben egyértelműen pozitív visszajelzést kaptak. E szándék tükrében döntöttem úgy, hogy a fuzzy modellezéshez kötődő eredményeken kívül a dolgozatban az evolúciós algoritmusokkal és a genetikus programozással kapcsolatos munkákat is szerepeltetem.

Professzor Úr véleményét - miszerint a generikus programozás rendszer identifikációban történő alkalmazási lehetőségével kapcsolatos eredmény inkább ígéretes kísérlet, de nem átütő eredmény - elfogadom. Az 1990-ben John R. Koza által kifejlesztett genetikus programozással kapcsolatban a Scopus adatbázis szerint 2003-ban 680, 2010-ben 1596 darab nemzetközi publikáció született, melyek között az első hazai eredetű 1994-ben jelent meg. A doktori műben vázolt munkám eredményességét talán igazolja az a tény, hogy az adatbázis szerint a magyar kutatókhoz köthető 36 darab genetikus programozással kapcsolatos publikáció közül a kapcsolódó publikációm a legtöbbet hivatkozott, és gyakran említésre kerül a vizsgálat fókuszában álló NARX modellek identifikációjának problémakörével kapcsolatosan.

A publikációkról

A tézisek publikálása rangos nemzetközi folyóiratokban és nemzetközi konferenciák kiadványaiban megtörtént, a tézisek megfogalmazása a vonatkozó publikációkat is megjelöli. A tézisekben szereplő publikációk kevés kivétellel többszerzősek és csupán az 1. téziscsoport tartalmaz 2005 utáni publikációkat. A téziszűzetben megjelennek olyan publikációk is, amelyek nem szerepelnek az értekezésben.

A dolgozat és téziszűzet összeállítása során maximálisan törekedtem a Műszaki Tudományok Osztálya előírásainak betartására, miszerint az „értekezés benyújtásával a kérelmező többségében azokkal a jól elkülöníthető, saját eredményekkel pályázzon az MTA Doktora cím elnyerésére, amelyeket már publikált a szakterület meghatározó nemzetközi folyóirataiban”. Az MTA VI. Műszaki Tudományok Osztálya a doktori mű érdemi részét 100 oldalban határozta meg. A kitűzött célt és a terjedelmi előírásokat követve az értekezésérdemi részében olyan eredményeket szerepeltettem, melyek meghatározó folyóiratokban jelentek meg és jelentős számú értékes visszajelzést/értékelést kaptak. A visszajelzések gyűjtése, értelmezése, és az alkalmazási lehetőségek feltárása természetesen időigényes folyamat, mely maga után vonta, hogy a dolgozat fő tézisei az elmúlt 5-10 év kutatási eredményein alapulnak. A téziszűzetben feltüntetett további publikációk kivétel nélkül a doktori műben közölt eredmények gyakorlati alkalmazására és tovább gondolására vonatkoznak. Bízom benne, hogy e publikációk is igazolják, hogy a tézisekhez kapcsolódó kutatási tevékenységem a napokban is intenzív⁷.

Tudományos munkám során törekedtem a Műszaki Tudományos Osztály előírásainak megfelelően egyszerezős publikációk készítésére. A publikációk többsége nemcsak azért többszerzős, mert a kapcsolódó alkalmazásorientált K+F feladatok kivitelezéséhez kötődő komplex feladatok megkívánták a csapatmunkát, hanem azért is, mert az egyes témákat doktorandusz hallgatóimmal⁸ közösen dolgoztuk ki az általam vezetett folyamatmérnöki kutatócsoportban.

⁷A SCOPUS adatbázis 2006 és 2011 között 34 nemzetközi publikációm rögzíti, igazolva, hogy a tézisekhez is kötődő publikációim 40%-a az utolsó öt évre esik.

⁸Genetikus programozás és evolúciós stratégiák - Madár János (2005), csoportosítási algoritmusok - Feil Balázs (2006), fuzzy asszociációs szabályok - Pach Ferenc Péter (2007), operátorokat támogató információs rendszer - Balaskó Balázs (2009), modell prediktív irányítás - Moldoványi Nóra (2008), döntési fák reaktorelfutás előrejelzésében - Varga Tamás (2010) doktoranduszok szereztek PhD fokozatot, kivétel nélkül summa cum laude minősítéssel.

Válasz a felmerült kérdésekre

1. *Ismertesse, mi a saját eredménye a tézisfüzet 12 sorszámú Abonyi-Babuska-Szeifert (2002) és 18 sorszámú Abonyi-Babuska-Verbruggen-Szeifert (2000) publikációiban.*

A publikációkhoz kapcsolódó kutatást a PhD dolgozatom 1999-es lezárását követő egy éves hollandiai tanulmányút során végeztem. Mindkét publikáció saját ötleten alapul, a kapcsolódó kísérleteket magam végeztem. A 12. sorszámú publikációban sikerült egy olyan csoportosítási algoritmust kidolgoznom, mely alkalmazásával a Takagi-Sugeno fuzzy modellek közvetlenül identifikálhatók. A 18. sorszámú publikációban a Takagi-Sugeno fuzzy modellek következményi részében lévő paraméterek *a priori* információkon alapuló korlátos identifikációjára dolgoztam ki új módszert. A munka nem jöhetett volna létre Szeifert Ferenc témavezetőm és a holland fogadó partner, Prof. Robert Babuska, támogatása nélkül, mely támogatás az inspiráló szakmai tanácsokon és a kéziratok sokszori közös átdolgozásán kívül a kutatás infrastrukturális hátterének biztosításában is megnyilvánult. A 18. sorszámú munkában a TU Delft Control Labor eszközeinek alkalmazásával real-time szabályozási eredményekkel is igazoltam algoritmusom hatékonyságát, míg a 12. publikációban referenciaként a Robert Babuska által fejlesztett programokat is felhasználtam.

2. *Ismertesse, hogyan alkalmazhatók az értekezésben kidolgozott folyamatfelügyeleti technikák valós idejű hibadetektálás és hibadiagnózis céljára.*

Az általunk kifejlesztett technikák a modell- és az adatalapú hibadetektálás és hibadiagnózis érdekes határterületére esnek. A valós idejű folyamatfelügyeleti alkalmazások többségében a modellek alkalmazása és identifikálása időben egymástól elkülönülő feladatot jelent. Tekintve, hogy a vizsgált modellek alkalmazása az identifikációhoz képest kevésbé számításigényes, a valós idejű felhasználás ezekben az esetekben könnyen megoldható⁹. Az elmúlt évben igazoltuk, hogy e megközelítés előnyeit akkor is kiaknázhathatjuk, ha a folyamatfelügyelet céljára alkalmazott modellt, pl. döntési fát, a valós idejű alkalmazást nem megengedő összetett technológia szimulátor adatai alapján generáljuk¹⁰. Bizonyos esetekben a modellek real-time adaptációja is szükségessé válhat. Az ilyen esetek – különösen, ha on-line idősor szegmentáláshoz kapcsolódnak - komoly körültekintést és fejlesztést igényelnek. A feladathoz kapcsolódó első ígéretes eredményeket épp a napokban publikáltuk¹¹.

⁹Abonyi J, Nemeth S, Vincze C, Arva P, Process analysis and product quality estimation by Self-Organizing Maps with an application to polyethylene production, COMPUTERS IN INDUSTRY 52: pp. 221-234. (2003), IF: 0.692, Független idéző: 10

¹⁰Varga T, Szeifert F, Abonyi J, Detection of Safe Operating Regions - a Novel Dynamic Process Simulator Based Predictive Alarm Management Approach, IND ENG CHEM RES 49: (2)658-668 (2010), IF: 1.895

¹¹László Dobos, János Abonyi: Fisher Information based time-series segmentation of streaming process data for monitoring and supporting on-line parameter estimation in energetic systems, ESCAPE 21, 2011

3. *A szegmentálási módszerek koncepciója feltételezi, hogy a viselkedésben az egyes szegmenseket bizonyos állandóság jellemzi az átlagban, kovariancia mátrixban stb. Jelent-e ez korlátot gyorsan változó folyamatok esetén, pl. repülőgépek vagy másjárművek idősorainak elemzésében?*

A működési tartomány alapú modellezés – megfelelő mintavételezési idő alkalmazása mellett - a gyorsan változó folyamatok esetében, pl. repülőgépek esetében is alkalmazható¹². E rendszerek kapcsán nem csak arra kell ügyelni, hogy az egyes munkapontok és működési módok definiálása komoly alkalmazásorientált ismeretet igényel, hanem arra is, hogy a valós idejű alkalmazásokat az elérhető fejlesztői keretrendszerek és a számítási kapacitás figyelembe vételével kell kialakítani. A Continental Teves-el kidolgozott járműrendszertechnikai képzéshez kapcsolódóan ebben az évben kezdtem menetstabilizátorokban alkalmazott modellekhez köthető idősorok szegmentálásával foglalkozni, igazolva, hogy az eszköztár gyorsan változó folyamatok esetére is kiterjeszhető. Az off-line vizsgálati eredmények bemutatása szeptemberre várható¹³.

4. *Az idősorok szegmentálásakor az időintervallumok diszjunktan csatlakoznak és az idő-változóban az egyes intervallumok centrumától mért távolság exponenciálisan változik. Ez részben ellentmond annak, hogy olyan intervallumokat kell keresni, amelyben a folyamat minősége "homogénnek" tekinthető. Hogyan értékeli ezt a problémát az eredmények interpretálásakor?*

Az eredmények interpretálásakor fontos szem előtt tartani, hogy a működési tartományokat a normált $\beta_i(\cdot)$ függvények jellemzik, nem az azokat meghatározó exponenciális lefutású elemi $A_i(\cdot)$ fuzzy halmazok (3.6 ábra). Ennek köszönhetően nyílik lehetőség az eltérő hosszúságú szegmensek kialakulására, és arra, hogy a szegmensek határai a tényleges működési tartományok közelébe essenek. Professzor Úr felvetése nagyon fontos. Fontos tudni ugyanis, hogy a $\beta_i(\cdot)$ függvények alakja ritkán esik egybe a tranziens tényleges jellegével, ezért a szegmensek határvonalai és a szegmenseket jellemző modellek azok, melyek a csoportosítási algoritmus eredményei közül elsődleges információ tartalommal bírnak.

¹² Marcel Oosterom, Robert Babuska, Henk B. Verbruggen: Soft computing applications in aircraft sensor management and flight control law reconfiguration. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C 32(2): 125-139 (2002)

¹³The Workshop on Model Based Calibration Methodologies will be held on September 23, 2011 at the Vienna University of Technology, Austria.

5. *Hosszabb technológiai idősorok esetén egy korábbi viselkedésmód később, időben távolabb ismét előfordulhat. A szomszédos intervallumok merzselési technikája lehetővé teszi-e a távoli intervallumban megisméltlődő hasonló viselkedésmódot egy korábbi viselkedésmód replikációjának tekinteni, hiszen intervallumaik nem csatlakoznak?*

A dolgozat terjedelme sajnos nem tette lehetővé, hogy részletesen bemutassam, hogy e rendkívül fontos kérdés kezelésére hierarchikus csoportosításon alapuló technikát dolgoztunk ki, amellyel a detektált szegmenseket azok paraméterein alapuló hasonlóság mérték¹⁴ alapján csoportosítjuk (az A.14 ábrához hasonlóan). A módszer alkalmas az ismétlődő viselkedésmódok feltárására és kategorizálására. A működési tartományok ilyen jellegű elemzése a reaktor elfutást jellemző egyváltozós idősorokból generált szekvenciák elemzésében is hatékonynak bizonyult¹⁵.

6. *A Gath-Geva módszer és rokon technikák alkalmazásakor eltűnik az eredményekben az egyenlőtlenség típusú korlátozások hatása, ami visszavezethető a Kuhn-Tucker-Karush tételre. Ennek tükrében mi a véleménye a módszerek kiterjesztésének lehetőségéről Gauss-típusú helyett más, véges tartójú tagsági függvények esetére?*

Professzor Úr nagyon érdekes felvetése alapos átgondolást igényel. Úgy gondolom, hogy az alkalmazott alternáló optimáláson (AO) alapuló algoritmusok Thomas A. Runkler és James C. Bezdek e témában kulcsfontosságú munkája¹⁶ alapján kiterjeszthetők véges tartójú tagsági függvények esetére is. Ugyanakkor a javasolt ACE (Alternating Cluster Estimation) kidolgozása kapcsán ebben a mérföldkőnek számító publikációban csak empirikus vizsgálatokra került sor, a konvergencia bizonyítása nyitott kérdés maradt:

There are still many open questions, e.g., What can be said about convergence for a particular nonAO-matched setup in ACE? What are the properties of partitions obtained with ACE? Which objective functions could be associated with ACE for particular membership and partition functions? Answers to these questions will come hard, but will be worth the effort.

A kapcsolódó irodalmak és Runkler és Bezdek tanulmányára regisztrált 77 hivatkozás vázlatos áttekintését követően nem találtam olyan irodalmi módszert mely egyértelmű választ ad Professzor Úr kérdésére. A részben nyitottnak minősíthető kérdés jelentőségére tekintettel tervezem a kapcsolódó elméleti és gyakorlati vizsgálatok elvégzését.

¹⁴ Krzanowsky, W.J., Between group comparison of principal components, (1979) J. Amer. Statist. Assoc., pp. 703-707. Cited 135 times.

¹⁵ Detection of safe operating regions: A novel dynamic process simulator based predictive alarm management approach Varga, T., Szeifert, F., Abonyi, J. 2010 Industrial and Engineering Chemistry Research 49 (2), pp. 658-668

¹⁶ Thomas A. Runkler and James C. Bezdek 1999 377, Alternating Cluster Estimation: A New Tool for Clustering and Function Approximation, IEEE TRANSACTIONS ON FUZZY SYSTEMS, VOL. 7, NO. 4, AUGUST

7. Tud-e becslést adni arra, milyen változószámig képes a GP technika valóban megtalálni a globálisan optimális nemlineáris dinamikus modell jó approximációját, értelmes epochszám korlát mellett.

A kérdésre a választ alapos, a mérési hibákat figyelembe vevő vizságlatsorozatok kapcsán kerestük. Megállapítottuk, hogy az OLS alkalmazása jelentősen növeli a keresési eljárás hatékonyságát, dinamikus rendszerek esetében sikerült 10-30 változóból álló modelleket bemenet-kimenet adatok alapján visszaállítani. Tekintve, hogy a gyakorlatunk során a szabályozástechnikai alkalmazásokban maximum negyedrendű nemlineáris modellekkel számolhatunk, ez az eredmény igazolja a technika alkalmazásának létjogosultságát.

Jelenleg a MOL Rt megbízásából infravörös spektrumok 150-250 változója és terméktulajdonságok közti összefüggés feltárására alkalmazom a GP technikát, mely e változószámnál is sikeresen teljesít, köszönhetően annak, hogy az OLS alkalmas a kevésbé informatív modellelemek gyors kiszűrésére.

8. AZ IEC technika folyamatosan minősíti az egyedeket és befolyásolja a visszahelyettesítést a populációba. Mi a garancia, hogy a populáció nem konvergál lokálisoptimum felé?

Tekintve, hogy az evolúciós hurokban a felhasználó szubjektív értékelése alapján kerülnek kiválasztásra a kereszteződés és a mutáció alapjául szolgáló egyedek az evolúciós algoritmusoknál is kevesebb elméleti jellegű állítás fogalmazható meg az algoritmus konvergenciájával kapcsolatosan. Ez természetesen nem jelenti azt, hogy a kérdés nem foglalkoztatja a kutatókat, ugyanis a módszer hatékonysága a felhasználó véges értékelési kapacitása kapcsán fontos kérdés¹⁷. Nem véletlen, hogy az irodalomban most egymást érik a felhasználó döntéseit értékelő és vizualizáló, illetve köztesoptimalizálási lépéseket megvalósító támogató eszközök, melyek a konvergencia felgyorsítását hivatottak támogatni. Ezen eszközök értékelése kivétel nélkül gyakorlati vizságlatok alapján történik.

¹⁷ Yan, J.-R., Min, Y. , User fatigue in interactive evolutionary computation, Applied Mechanics and Materials 48-49, pp. 1333-1336, 2011

Összefoglaló értékelés

Az értekezés hiteles adatokat tartalmaz. A téziseket (korábbi észrevételeim fenntartása mellett és a 4. téziscsoport kivételével) a fenti megfogalmazásban elfogadom. Az értekezés a PhD fokozat 2000-ben történt megszerzését követően jelentős eredeti tudományos eredménnyel gyarapította a rendszermodellezést és a folyamatirányítási célú adatbányászati technikákat, hozzájárult a tudományág fejlődéséhez, ezért az értekezés elfogadását és a nyilvános vita kitűzését javaslom a műszaki tudományok területén.

Megtisztelő számomra, hogy Lantos Professor Úr az értekezést hitelesnek találta. Professor Úr tézisekkel kapcsolatos véleményét maradéktalanul elfogadom, remélve, hogy az a törekvésem, hogy teljes körűen ismertessem a technológiafejlesztés támogatására alkalmas információátviteli és tudásfeltárási elemeket felvonultató eszköztár fejlesztésével kapcsolatos kutatási eredményeket, nem ront tudományos munkám és a disszertáció értékének megítélésén.

Tisztelettel köszönöm Lantos Professor Úr elismerő szavait, megjegyzéseit, rendkívül érdekes szakmai kérdéseit, eredményeim új tudományos eredményként való elfogadását. Remélem, Professor Úr válaszaim elfogadja, azokat megfelelőnek tartja. Úgy gondolom, hogy Opponens Úr megjegyzései lehetőséget teremtettek arra, hogy a kutatási munkámról a disszertációban kialakított kép teljesebbé váljon.

Veszprém, 2011. június 15.

dr. Abonyi János