

MTA DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

TECHNOLÓGIAFEJLESZTÉSI CÉLÚ
ADATBÁNYÁSZATI TECHNIKÁK

Abonyi János

Pannon Egyetem
Folyamatmérnöki Intézeti Tanszék
Veszprém, 2010

I. Helyzetértékelés, célkitűzés

A termék- és technológiafejlesztés hatékonysága a gazdasági versenyképesség rendkívül kritikus tényezője. A jelentős innovációs tevékenységet végző termelővállalatok által javasolt hatékonyságnövelő megoldások közös jellemzője a kutatás, a fejlesztés, a tervezés, az üzemeltetés, a marketing és a teljes ellátási lánc optimalizálásával kapcsolatos feladatok megoldása során keletkező illetve felhasznált információk integráltsága (Krieger, 1995). Ez a koncepció legkorábban a piacvezető vegyipari vállalatok mérnökeiben és vezetőiben kristályosodott ki a „*modell integrálja a teljes szervezetet*” jelmondatban. Ezek a piaci szereplők (DuPont, Dow Chemical, Bayer Technology Services) komolyan hittek és hisznek abban, hogy az adatoknak, az információknak és a tudásnak a kutatás kezdeti munkafázisaitól a gyártási folyamat optimalásáig végig kell követniük a termék illetve a technológia fejlődését (Bayer, 2000).

Egy komplex termelőfolyamatban rendkívül sok változó befolyásolja a végtermék minőségét. Amennyiben ezeket szervezett módon a döntéshozók számára összegezzük, illetve a köztük lévő összefüggéseket feltárjuk, akkor jelentős gazdasági előnyhöz juthatunk (Lu, 1996). A jelentős erőfeszítések ellenére e koncepció jelenleg inkább csak elérendő célként, ajánlásként értelmezhető, ugyanis a termelőrendszerek környezetében még leginkább csak egymástól elkülönült, különböző részproblémák célirányos megoldásához szükséges „információs szigetek” találhatóak.

A különböző jellegű információforrások más-más modellezési keretrendszerben kezelhetők hatékonyan (pl. az *a priori* ismeretek algebrai differenciálegyenletrendszerekkel leírt mérlegegyenletekkel, az adatokban rejlő ismeretek regressziós vagy osztályozási feladatok megoldása során identifikált feketedobozmodellekkel, míg a szakértői ismeretek szabálybázisokkal, bizonytalansággal terhelt esetekben fuzzy modellekkel) (Gershenfeld, 1999).

A termék- és technológiafejlesztési feladatokhoz szükséges ismeretek feltárására, a különböző szinteken jelentkező részfeladatok megoldását támogató modellek közti információátvitelre és az előzőekben vázolt heterogén forrásokból származó ismeretek integrálására alkalmas technikák fejlesztése munkám alapvető célkitűzése¹.

A kidolgozott módszerek összességét az adatbányászat (Han, 2005) analógiájára „*modellbányászat*” fogalommal lehetne jellemezni, ugyanis a létrehozott megoldások nem csupán folyamatadatokról nyernek ki potenciálisan hasznos, előzetesen nem ismert információkat, hanem különböző típusú modellekből, ismeretekből illetve azok összességéből. Természetesen e koncepció kidolgozása számtalan technikai részprobléma megoldását igényelte illetve igényli. Jelen munka a speciális folyamatorientált adattárházak létrehozását támogató módszertan kidolgozásán túl azok adatainak elemzését támogató adatbányászati és számítási intelligencia-technikák² célirányos továbbfejlesztését ismerteti³.

¹ A koncepció első alkalommal részletesen 2003-ban megjelent monográfiámban került ismertetésre:

Abonyi J, Fuzzy Model Identification for Control, Boston: Birkhauser Verlag, 2003. 273 p., (ISBN:978-0-8176-4238-9), Független idéző: 30

² Abonyi J, Feil B, Abraham A, Computational intelligence in data mining, INFORMATICA (LJUBLJANA) 29:(1) pp. 3-12. (2005), Független idéző: 8

³ A célirányos algoritmusfejlesztésre példa a fuzzy csoportosítási algoritmusok fejlesztésével kapcsolatos munkám, amit 2007-ben akkori PhD hallgató szerzőtársammal közösen megjelentetett szakkönyvben foglaltam össze: Abonyi J, Feil B, Cluster Analysis for Data Mining and System Identification, Berlin: Birkhauser Verlag, 2007. 303 p., (ISBN:978-3-7643-7987-2), Független idéző: 15

II. Új tudományos eredmények

1. A komplex többtermékes technológiák figyelemmel kísérésének és elemzésének támogatására folyamat-adattárház fejlesztési és elemzési keretrendszert dolgoztam ki.

1.1. Igazoltam, hogy azokban az esetekben, amikor egy komplex technológia több egymástól fizikailag és szervezetenként is elkülönülő, a termék gyártása szempontjából viszont szorosan egymásra épülő egységekből áll, a termelési folyamat nyomonkövetését és a fejlesztést támogató adattárház létrehozásához szükséges információforrások integrálása a technológia és annak üzemeltetésével kapcsolatos folyamatok dinamikus modellje alapján végezhető el⁴. Rávilágítottam arra, hogy termelő rendszerek esetén a „mi lenne ha” típusú elemzésekhez az irányítórendszer dinamikus modelljének integrálása is szükséges⁵.

1.2. Polietilén előállítására alkalmas nagyüzemi technológia adatain végzett vizsgálatok alapján kísérletileg bizonyítottam a feltáró jellegű adatelemzés⁶ és az önszervező hálózatok technológiafejlesztésében történő alkalmazhatóságát⁷ illetve azt, hogy a termelő rendszerek elemzéséhez a historikus folyamatadatok és a dinamikus rendszermodellek integrált alkalmazása a hatékony megközelítés. Az ezt támogató szemi-mechanisztikus modellezési technikának az előnyeit modellalapú szabályozásban⁸ és állapot- és terméktulajdonság-becslésre alkalmas szoftver-szenzor fejlesztésében demonstráltam⁹. A szemi-mechanisztikus modellek fekete doboz elemeiként leginkább alkalmazott neurális hálózatokon túl fuzzy modellek alkalmazását javasoltam, és e modellek paramétereinek identifikálására egy új, spline-simításon alapuló technikát dolgoztam ki¹⁰.

1.3. A technológiai adatok és a (szemi-mechanisztikus) dinamikus rendszermodellek együttes alkalmazását támogató új, állapotbecslésen alapuló idősor szegmentálási algoritmust dolgoztam ki, melynek alkalmazásával a becsült állapotváltozók illetve az állapotbecslő algoritmus által számolt hiba-kovariancia mátrix alapján a folyamatadatok többváltozós idősorainak szegmentálása hatékonyan elvégezhető¹¹.

⁴ 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

⁵ 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

⁶ Abonyi J, Application of Exploratory Data Analysis to Historical Process Data of Polyethylene Production, HUNGARIAN JOURNAL OF INDUSTRIAL CHEMISTRY 35: pp. 85-93. (2007)

⁷ Abonyi 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

⁸ Madar J, Abonyi J, Szeifert F, Feedback linearizing control using hybrid neural networks identified by sensitivity approach, ENGINEERING APPLICATIONS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE 18: pp. 343-351. (2005), IF: 0.709, Független idéző: 7

⁹ Feil B, Abonyi J, Pach P, Nemeth S, Arva P, Nemeth M, Nagy G, Semi-mechanistic models for state-estimation - Soft sensor for polymer melt index prediction, LECTURE NOTES IN ARTIFICIAL INTELLIGENCE 3070: pp. 1111-1117. (2004), IF: 0.251, Független idéző: 3

¹⁰ Abonyi J, Roubos H, Babuska R, Szeifert F, Identification of Semi-Mechanistic Models with Interpretable TS-fuzzy submodels by Clustering, OLS and FIS Model Reduction. In: J Casillas, O Cordon, F Herrera, L Magdalena (szerk.) Fuzzy modeling and the interpretability-accuracy trade-off, Heidelberg: Physica Verlag, 2003, pp. 221-248. Független idéző: 2

¹¹ Feil B, Abonyi J, Nemeth S, Arva P, Monitoring process transitions by Kalman filtering and time-series segmentation, COMPUTERS & CHEMICAL ENGINEERING 29: pp. 1423-1431. (2005), IF: 1.501, Független idéző: 5

2. Célirányos távolságmértékek definiálásával regressziós, osztályozási és idősor-szegmentálási feladatok megoldására alkalmas fuzzy csoportosítási algoritmusokat hoztam létre.

2.1. A Gath-Geva csoportosítási algoritmus célirányos módosításával elértem, hogy a generált csoportokból a regressziós feladatok megoldására hatékony Takagi-Sugeno fuzzy modellek közvetlenül identifikálhatók¹². Az ortogonális legkisebb négyzetek módszere és egy fuzzy halmazok közti hasonlóságmérték alapján új módszert hoztam létre a generált fuzzy modellek lokális lineáris modelljeinek meghatározására és a modellek feltételi részében a fuzzy halmazok redukciójára¹³.

2.2. A Gath-Geva csoportosítási algoritmus célirányos módosításával elértem, hogy a generált csoportokból fuzzy szabálybázisú osztályozási modellek közvetlenül legyenek identifikálhatók¹⁴. Az algoritmus által generált fuzzy osztályozók könnyen értelmezhetőek, ugyanakkor osztályozási pontosságuk versenyképes a szakirodalomban publikált értékekkel. Erre a felügyelt csoportosítási algoritmusra támaszkodva olyan eljárást dolgoztam ki, mely az osztályozási feladatban szereplő folytonos változókat úgy particionálja, hogy a generált fuzzy halmazok felhasználásával hatékony döntési fa-alapú osztályozók állíthatók elő¹⁵.

2.3. A Gath-Geva csoportosítási algoritmust a főkomponens-analízisben alkalmazott távolság- és hasonlóságmértékekkel kiegészítve alkalmassá tettem többváltozós idősorok szegmentálására¹⁶. A kidolgozott eszköz a főkomponensek és a szegmensek számának automatikus meghatározására is képes. Az algoritmus hatékonyságát szintetikus és technológiai adatsorok elemzése során is bizonyítottam.

2.4. A Gath-Geva csoportosítási algoritmus által generált fuzzy csoportok jellemzőinek elemzésén alapuló technikát dolgoztam ki bemenet-kimenet modellek rendűségének meghatározására¹⁷. Felismertem, hogy a modellrendűség meghatározásra alkalmazott legközelebbi rossz szomszédok módszere (FNN) javítható csoportosítási algoritmus alkalmazásával, azaz a csoportanalízis alkalmazásával kiküszöbölhetők az FNN módszer paramétereinek hangolásához szükséges modell identifikációs lépések. Megállapítottam, hogy a csoportosítás eredményeként generált klaszterek kovariancia-mátrixainak elemzésére támaszkodva további számításigényes lépések (legközelebbi szomszédok keresése) is küszöbölhetők.

¹² Abonyi J, Babuska R, Szeifert F, Modified Gath-Geva fuzzy clustering for identification of Takagi-Sugeno fuzzy models, IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS MAN AND CYBERNETICS PART B-CYBERNETICS 32: pp. 612-621. (2002), IF: 0.630, Független idéző: 97

¹³ Abonyi J, Roubos JA, Oosterom M, Szeifert F, Compact TS-fuzzy models through clustering and OLS plus FIS model reduction, IEEE International Conference on Fuzzy System., 2001. pp. 1420-1423. Független idéző: 18

¹⁴ Abonyi J, Szeifert F, Supervised fuzzy clustering for the identification of fuzzy classifiers, PATTERN RECOGNITION LETTERS 24: pp. 2195-2207. (2003), IF: 0.809, Független idéző: 54

¹⁵ Abonyi J, Supervised Fuzzy Clustering Based Initialization of Fuzzy Partitions for Decision Tree Induction. The 14th Online World Conference on Soft Computing in Industrial Applications, 2009.11.17-2009.11.29, pp. 1-10.

¹⁶ Abonyi J, Feil B, Nemeth S, Arva P, Modified Gath-Geva clustering for fuzzy segmentation of multivariate time-series, FUZZY SETS AND SYSTEMS 149: pp. 39-56. (2005), IF: 1.039, Független idéző: 16

¹⁷ Feil B, Abonyi J, Szeifert F, Model order selection of nonlinear input-output models - a clustering based approach, JOURNAL OF PROCESS CONTROL 14: pp. 593-602. (2004), IF: 1.241, Független idéző: 20

3. A folyamatmérnöki problémák megoldása során rendelkezésre álló a priori ismeretek egy részének a problémamegoldásban alkalmazott modellek paramétereire vonatkozó korlátokká történő transzformálására alapozva egy olyan módszert dolgoztam ki, mely alkalmazásával ezen ismeretek hatékonyan egészíthetők ki a folyamatadatokban rejlő információkat.

3.1. Új módszert dolgoztam ki dinamikus rendszerek viselkedésére vonatkozó a priori információk (stabilitás, erősítés, időállandó) fuzzy modellek paramétereire vonatkozó korlátokká konvertálására¹⁸. E korlátok a fuzzy modellek identifikációjában és adaptációjában kvadratikus programozás alkalmazásával hatékonyan használhatók fel. Igazoltam, hogy ezen információk együttes alkalmazásával a fuzzy modellek perdikciós képessége és modellalapú szabályozásban nyújtott teljesítménye jobb, mint azokban az esetekben, amikor az előbb említett információforrások közül bármely elhanyagolásra kerül. A megközelítésmódot sikeresen alkalmaztam az általam bevezetett Fuzzy Hammerstein¹⁹ és a Delaunay háromszögelésen alapuló többdimenziós fuzzy halmazokat alkalmazó fuzzy modellek²⁰ identifikációjában. Az eredmények alapján fontos megállapításokat tettem Takagi-Sugeno fuzzy modellek lokális és globális értelmezhetőségével²¹ és a modell prediktív szabályozásban történő alkalmazásával^{22, 23} kapcsolatban.

3.2. Megállapítottam, hogy az a priori információkon alapuló korlátok alkalmazása spline-illesztésben illetve reakciókinetika paraméterek spline-alapú meghatározásban is célszerű²⁴. Ezért egy olyan új módszert fejlesztettem ki, amely a mérési adatokra vonatkozó a priori ismereteket (mint például anyagmérlegek, előzetes ismeretek a folyamatváltozók dinamikai viselkedéséről) paraméterkorlátok formájában figyelembe tudja venni, illetve a különböző folyamat változókat reprezentáló adatsorokat szimultán módon kezeli. Irodalmi példán túl, ipari reaktor kinetikai paramétereinek becslésével demonstráltam, hogy a kifejlesztett módszer alkalmas a kémiai reaktorok mérési adataiból történő kinetikai paraméterbecslés pontosabbá tételére, azaz a technológiai mérési adatok hatékonyabb hasznosítására.

¹⁸ Abonyi J, Babuska R, Verbruggen H B, Szeifert F, Incorporating prior knowledge in fuzzy model identification, INTERNATIONAL JOURNAL OF SYSTEMS SCIENCE 31: pp. 657-667. (2000), IF: 0.290, Független idéző: 16

¹⁹ Abonyi J, Babuska R, Botto M A, Szeifert F, Nagy L, Identification and control of nonlinear systems using Fuzzy Hammerstein models, INDUSTRIAL & ENGINEERING CHEMISTRY RESEARCH 39: pp. 4302-4314. (2000), IF: 1.294, Független idéző: 33

²⁰ Abonyi J, Babuska R, Szeifert F, Fuzzy modeling with multivariate membership functions: Gray-box identification and control design, IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS MAN AND CYBERNETICS PART B-CYBERNETICS 31: pp. 755-767. (2001), IF: 0.789, Független idéző: 27

²¹ Abonyi J, Babuska R, Local and global identification and interpretation of parameters in Takagi-Sugeno fuzzy models, IEEE International Conference on Fuzzy System, 9th IEEE International Conference on Fuzzy Systems, Független idéző: 8

²² Abonyi J, Nagy L, Szeifert F, Fuzzy model-based predictive control by instantaneous linearization, FUZZY SETS AND SYSTEMS 120: pp. 109-122. (2001), IF: 0.470, Független idéző: 26

²³ Mollov S, Babuska R, Abonyi J, Verbruggen H B, Effective optimization for fuzzy model predictive control, IEEE TRANSACTIONS ON FUZZY SYSTEMS 12: pp. 661-675. (2004), IF: 1.373, Független idéző: 28

²⁴ Madar J, Abonyi J, Roubos H, Szeifert F, Incorporating prior knowledge in a cubic spline approximation-application to the identification of reaction kinetic models, INDUSTRIAL & ENGINEERING CHEMISTRY RESEARCH 42: pp. 4043-4049. (2003), IF: 1.317, Független idéző: 10

4. Új technikákat dolgoztam ki az evolúciós számítási algoritmusok rendszeridentifikációban és technológioptimalizálásban mutatott hatékonyságának növelésére.

4.1. Dinamikus rendszerek bemenet-kimenet adatkárjain alapuló modellstruktúra identifikációjára genetikus programozáson és ortogonális legkisebb négyzetek módszerén alapuló algoritmust fejlesztettem²⁵. Igazoltam, hogy az ortogonális legkisebb négyzetek módszerén alapuló eljárással a felesleges modelltagok kiszűrhetők, így kompakt és pontos modellstruktúra kapható, mely alapján az általam kidolgozott algoritmus dinamikus modellek rendűségének meghatározására is alkalmazható.

4.2. Nehezen definiálható és ellentmondó célokat és feltételeket tartalmazó folyamatmérnöki problémák megoldására olyan interaktív evolúciós optimalizáción alapuló algoritmust dolgoztam ki, amely a felhasználó értékelési folyamatba történő bevonásával lehetővé teszi a mérnöki és szakértői ismeretek közvetlen alkalmazását az optimalizálási feladatok megoldásában²⁶. Az interaktív evolúciós optimalizáció elvét rajintelligencia-alapú optimalizációra is kiterjesztettem²⁷.

²⁵ Madar J, Abonyi J, Szeifert F, Genetic programming for the identification of nonlinear input - Output models., INDUSTRIAL & ENGINEERING CHEMISTRY RESEARCH 44: pp. 3178-3186. (2005), IF: 1.504 , Független idéző: 24, A kapcsolódó programcsomag, elérhető a www.fmt.uni-pannon.hu/softcomp, és a www.mathworks.com oldalakról.

²⁶ Madar J, Abonyi J, Szeifert F, Interactive evolutionary computation in process engineering, COMPUTERS & CHEMICAL ENGINEERING 29: pp. 1591-1597. (2005), IF: 1.501, Független idéző: 5
A kapcsolódó programcsomag, melyek 1500-nál több regisztrált felhasználója van, elérhető a www.fmt.uni-pannon.hu/softcomp/EAsy/ és a www.mathworks.com oldalakról.

²⁷ Madar J, Abonyi J, Szeifert F, Interactive particle swarm optimization, In: Kwasnicka H, Paprzycki M (szerk.), Proceedings 5th International Conference on Intelligent Systems Design and : Applications (ISDA 2005), Wroclaw: IEEE Computer Society, 2005. pp. 314-319, Független idéző: 10

III. Az eredmények gyakorlati alkalmazása, kitekintés

A folyamat-adattárházak gyakorlati alkalmazása (1.1. tézishez kötődően)

Az MSZ EN ISO 9001:2009 minőségirányítási rendszerek követelményeit rögzítő menedzsmentszabvány 8.1 pontja előírja, hogy a minőségirányítási rendszert alkalmazó szervezeteknek meg kell tervezniük és be kell vezetniük azokat a folyamatokra és termékekre (illetve szolgáltatásokra) vonatkozó figyelemmel kíséresi, mérési, elemzési és fejlesztési folyamatokat, amelyek ahhoz szükségesek, hogy

- a) bizonyítsák a termékekre vonatkozó követelményeknek való megfelelést,
- b) gondoskodjanak a minőségirányítási rendszer megfelelőségéről, valamint
- c) folyamatosan fejlesszék a minőségirányítási rendszer eredményességét.

Az eddigi kutatási és fejlesztési tapasztalataimra támaszkodva olyan folyamatszempléletű adattárház-tervezési és elemzési módszertant dolgoztam ki²⁸, mely alkalmas az ISO 9001 által előírt, a PDCA (Plan – Tervezés, Do – Megvalósítás, Check – Ellenőrzés, Act – Megszilárdítás, bevezetés) minőségfejlesztési elvhez igazodó fejlesztési feladatok támogatására. A kulcsmutatók generálásával és a többváltozós statisztikai modellek fejlesztésével kapcsolatos elméleti megfontolásokat a TVK Rt. technológiacentrikus fejlesztési projektjeiből származó eredményei igazolják, illetve ezek a fejlesztési problémák motiválták. Az információs rendszer prototípusát kollégáimmal egy polietilén- és egy polipropilén-technológia esetében is megvalósítottuk. A tapasztalatok általánosítását követően²⁹ a keretrendszer egyes elemeinek ipari környezetben működő szabályozók hangolására való alkalmazhatóságát is igazoltam³⁰.

A jövőbeni kutatási és fejlesztési tevékenységem azon a feltevésen alapszik, hogy a fenti eredmények jelentős része más iparágakban, illetve szolgáltatási tevékenységet végző szervezeteknél is alkalmazható.

Az technológiafejlesztéssel kapcsolatos kutatási eredmények gyakorlati alkalmazása (1.2. és 1.3 és a 4. tézisekhez kötődően)

A Bolyai Ösztöndíjak támogatásával is megvalósult kutatási témák ígéretesnek illetve az ipari gyakorlatban is alkalmazhatónak bizonyultak, melyek kidolgozása jelenleg a TÁMOP-4.2.2-08/1/2008-0018 által finanszírozott innovatív kutatócsoportokat támogató pályázatnak köszönhetően a „*Környezeti rendszerek és termelő-technológiák adatbányászatra támaszkodó modellezése a környezeti terhelés és az energiafelhasználás minimalizálása céljából*” címet viselő, az általam vezetett kutatási alprojektben folytatódhat.

A munka folytatásának alapgondolata, hogy a fejlesztési tevékenységet – vonatkozzon az üzleti folyamatra, termékekre vagy egy működő technológia optimalására – a kísérlettervezés módszertanával támogassuk.

²⁸ Abonyi J., Az ISO 9001 Minőségirányítási rendszerhez illeszkedő adattárház fejlesztési és elemzési eszköztár kidolgozása és alkalmazása, Szakdolgozat – Minőségügyi szakmérnök szak, Dunaújvárosi Főiskola, 2009

²⁹ Abonyi J, Integration of Process Simulators in Advanced Process Control Solutions, HUNGARIAN JOURNAL OF INDUSTRIAL CHEMISTRY 37:(1) pp. 51-57. (2009)

³⁰ Moldovanyi N, Abonyi J, Model Predictive Control of a Continuous Vacuum Crystalliser in an Industrial Environment: A Feasibility Study, CHEMICAL AND BIOCHEMICAL ENGINEERING QUARTERLY 23:(2) pp. 195-205. (2009), IF: 0.346

Egy kiváló minősítéssel zárult OTKA téma kapcsán az eredeti kísérlettervezési algoritmust két ponton fejlesztettem tovább: (i) bemutattam, hogy az evolúciós stratégia alkalmazása javítja a módszer hatékonyságát, (ii) valamint az egyes korábbi kísérleteket, mint „tapasztalatokat”, adattárházba rendezve, a korábbi eredmények additív módon történő felhasználása tovább javítja a módszer eredményességét. Ilyen módon a modell fejlesztése és paramétereinek meghatározása kisebb energiárfordítással és nagyobb biztonsággal tehető meg³¹.

A következő munkaszakasz célja e módszertan idősorok elemzésével és quality by design technikák fejlesztésével történő kiegészítése és ipari környezetben történő alkalmazási tapasztalatok alapján történő általánosítása.

Az adatok elemzésével kapcsolatos eredmények alkalmazási lehetőségei (1.2. és 2. tézisekhez kötődően)

Az adatbányászati algoritmusok alkalmazhatóságát a technológiafejlesztési feladatok mellett kemometriai alkalmazásokkal is igazoltam. Új technikát dolgoztam ki cementek nyomelem-tartalmának megjelenítésére³², feltáró jellegű elemzésére³³, a nyomelem-tartalom alapján a cementek megkülönböztetésére³⁴, a nyomelem-tartalmak összefüggésének vizsgálatára³⁵, szerves vegyületek felismerésére alkalmas szenzorhálózatok fejlesztésére³⁶, környezeti terhelés vizsgálatára³⁷ és katalizátorfejlesztésre³⁸. Az eredmények széleskörű alkalmazhatóságát leginkább a tézisekhez kötődő publikációk hivatkozásai mutatják, melyek rákdiagnosztikában, alakfelismerésben, bioinformatikában, térinformatikában, földrendések előrejelzésében történő alkalmazási lehetőségeket is vizsgálnak. E publikációk egy része az általunk kifejlesztett MATLAB programcsomagok alkalmazásával készült³⁹.

E programok körül a legsikeresebb a *Fuzzy Clustering and Data Analysis Toolbox for Use with Matlab* programcsomag, ami a szerző és a MathWorks honlapjáról több 20.000 regisztrált alkalommal került már letöltésre, és a mai napig nagyon pozitív visszajelzéseket kap⁴⁰. Az eredmények egy része a hazai informatikai oktatásba is beépül(t), a több felsőoktatási intézményben is alkalmazott adatbányászattal kapcsolatos könyvemnek köszönhetően⁴¹.

³¹ Balaskó B, Madár J, Szeifert F, Abonyi J, Evolutionary Strategy in Iterative Experiment Design, HUNGARIAN JOURNAL OF INDUSTRIAL CHEMISTRY 33:(1) pp. 113-117. (2005)

³² Tamas F D, Abonyi J, Trace elements in clinker I. A graphical representation, CEMENT AND CONCRETE RESEARCH 32: pp. 1319-1323. (2002), Független idéző: 5

³³ Abonyi J, Tamas F D, Tritthart J, Exploratory data analysis of trace elements in clinker, ADVANCES IN CEMENT RESEARCH 16: pp. 9-15. (2004), IF: 0.275, Független idéző: 1

³⁴ Tamas F D, Abonyi J, Borszeki J, Halmos P, Trace elements in clinker II. Qualitative identification by fuzzy clustering, CEMENT AND CONCRETE RESEARCH 32: pp. 1325-1330. (2002), IF: 0.764, Független idéző: 6

³⁵ Abonyi J, Tamas F D, Potgieter S, Potgieter H, Analysis of trace elements in South African clinkers using latent variable model and clustering, SOUTH AFRICAN JOURNAL OF CHEMISTRY-SUID-AFRIKAANSE TYDSKRIF VIR CHEMIE 56: pp. 15-20. (2003), IF: 0.240, Független idéző: 2

³⁶ Barko G, Abonyi J, Hlavay J, Application of fuzzy clustering and piezoelectric chemical sensor array for investigation on organic compounds, ANALYTICA CHIMICA ACTA 398: pp. 219-226. (1999), IF: 1.894, Független idéző: 25

³⁷ Bodnar E, Hlavay J, Abonyi J, Distribution of priority polycyclic aromatic hydrocarbons in the sediment of Lake Balaton, Hungary, POLYCYCLIC AROMATIC COMPOUNDS 24: pp. 791-803. (2004), IF: 0.616

³⁸ Nemeth S, Feil B, Arva P, Abonyi J, Effects of catalyst activity profiles on the operating conditions of an industrial polymerization reactor, POLYMER-PLASTICS TECHNOLOGY AND ENGINEERING 45:(12) pp. 1301-1306. (2006) IF: 0.333

³⁹ A programcsomagok letölthetők a www.folyamatmernok.hu oldalról.

⁴⁰ Abonyi J, Balaskó B, Feil B, Fuzzy Clustering and Data Analysis Toolbox for Use with Matlab, pp. 1-76., (2004), Független idéző: 31

⁴¹ Abonyi J, Adatbányászat: a hatékonyság eszköze, Budapest: Computer Books, 2006. 410 p., (ISBN: 963 618 342 2), Független idéző: 3

A következő időszak fontos kapcsolódó célkitűzése a modellbányászat módszertanának megalapozása, azaz olyan eszközök és algoritmusok kidolgozása, melyek nem (csupán) adatokból, hanem különböző jellegű modellekből képesek potenciálisan hasznos, előzetesen nem ismert információk kinyerésére. E munka részeként egy reaktorelfutás előrejelzésére alkalmas szakértői rendszer létrehozása kapcsán igazoltam, hogy a folyamatmodellek alapján generált döntési fákból kinyert nyelvi szabályok segítségével az operátorok számára is értelmezhetően elkülöníthetők a technológia eltérő jellegű viselkedést mutató üzemeltetési tartományai^{42, 43}.

Fuzzy csoportosítási algoritmusokkal kapcsolatos eredmények alkalmazása (2. tézishez kötődően)

A fuzzy hasonlóságmértékek alkalmazásának segítségével gráfalapú csoportosítási és adatmegjelenítési technikákat fejlesztettem⁴⁴. A minimális feszítőfa-alapú csoportosítási módszerek és a Gath-Geva klaszterező algoritmus kombinálásával olyan technikát dolgoztam ki, mely képes feloldani a gráfalapú klaszterező algoritmusok tipikus problémáját, a láncolási effektust, illetve megoldást nyújt a Gath-Geva algoritmus inicializációs problémájára is⁴⁵. A topológiát reprezentáló hálózatok és a többdimenziós skálázás (Roweis, 2000) fő erényeit ötvöző, az adatpontok közti távolságot és az adatpontok szomszédossági viszonyait is megőrző algoritmust javasoltam^{46, 47, 48}.

A 2.4. tézisben javasolt technika alkalmazásán alapulva olyan eszközt dolgoztam ki, mely a csoportosítás eredményeként kapott klaszterek elemzésével egyszerre három feladat megoldására is alkalmas: (1) meghatározza az állapottér helyes dimenzióját; (2) meghatározza, hogy az adatok hány dimenziós alteret foglalnak el ebben a térben; valamint (3) ezekkel párhuzamosan olyan lokális lineáris modelleket is identifikál, melyek előrejelzésre is felhasználhatók⁴⁹.

Egy most induló projektben a csoportosítási algoritmusok bioinformatikában történő alkalmazását vizsgálom. E technikát leggyakrabban a gén expresszió (kifejeződés) vizsgálatára alkalmazzák, amit az úgynevezett gén chip (DNA chip vagy microrray) technológia segítségével vizsgálnak. Gének csoportosítása kifejeződésük alapján különböző biológiai, kémiai állapotokban rámutathat a gének tényleges biológiai funkcióira, szerepükre és a köztük lévő kölcsönhatásokra a vizsgált állapotokban.

⁴² Varga T, Szeifert F, Abonyi J, Decision tree and first-principles model-based approach for reactor runaway analysis and forecasting, ENGINEERING APPLICATIONS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE 22:(4-5) pp. 569-578. (2009), IF: 1.397

⁴³ Varga T, Szeifert F, Abonyi J, Detection of Safe Operating Regions - a Novel Dynamic Process Simulator Based Predictive Alarm Management Approach, INDUSTRIAL & ENGINEERING CHEMISTRY RESEARCH 12:(2), megjelenés alatt. (2010), IF: 1.895

⁴⁴ Vathy-Fogarassy A, Kiss A, Abonyi J, Improvement of Jarvis-Patrick clustering based on fuzzy similarity, 7th International Workshop on Fuzzy Logic and Applications, WILF 2007, ISBN:03029743

⁴⁵ Vathy-Fogarassy A, Kiss A, Abonyi J, Hybrid minimal spanning tree and mixture of Gaussians based clustering algorithm.: 4th International Symposium on Foundations of Information and Knowledge Systems, FoIKS 2006, Budapest: Springer-Verlag, 2006, Független idéző: 1

⁴⁶ Abonyi J, Graph Clustering and Visualization based on Node Similarity Measure, INTERNATIONAL JOURNAL ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE pp. 1-12. (2010)

⁴⁷ Vathy-Fogarassy A, Abonyi J, Local and global mappings of topology representing networks, INFORMATION SCIENCES 179:(21) pp. 3791-3803. (2009), IF: 3.095* DOI: 10.1016/j.ins.2009.07.00

⁴⁸ Vathy-Fogarassy A, Werner-Stark A, Abonyi J, Topology representing networks for the visualization of manifolds, JOURNAL OF MATHEMATICAL MODELLING AND ALGORITHMS 7:(4) pp. 351-370. (2008),

⁴⁹ Feil B, Balasko B, Abonyi J, Visualization of fuzzy clusters by fuzzy Sammon mapping projection: application to the analysis of phase space trajectories, SOFT COMPUTING 11:(5) pp. 479-489. (2007), IF: 0.607, Független idéző: 7

A modellredukciós és interaktív optimalizációs technikák alkalmazása (3. és 4. tézisek alkalmazási lehetősége)

Az adatbányászat célja gyakorta kettős. A regresszióhoz hasonlóan az osztályozási feladatok esetében is egyszerre kell az adott feladat szempontjából pontos és a szakértők számára értelmezhető modelleket előállítani. Kimutattam, hogy e két részben egymásnak ellentmondó feladat megoldása célirányos inicializálási (pl. regressziós vagy döntési fa⁵⁰ vagy fuzzy csoportanalízis-alapú⁵¹) és modellredukcióval kombinált (pl. fuzzy halmazok összevonása) többcélú optimalizáció alapján érhető el. A kidolgozott módszertant osztályozási feladatokra hangolt fuzzy asszociációs szabálybázisok tisztításában is sikeresen alkalmaztam⁵², melynek hatékonyságát nemlineáris regressziós modellek fontos változóinak kiválasztásában is igazoltam⁵³. A feltárt gyakori elemhalmazok és asszociációs szabályok interaktív adatbányászatát egy új, Sammon-leképezésen és Multidimensional Scaling-technikán alapuló vizualizációs algoritmus kidolgozásával tettem lehetővé.

E vizualizációs technikák interaktív evolúciós algoritmusokkal és kísérlettervezési eszközökkel összekapcsolása az interaktív tudásfeltárás és technológiafejlesztés egy teljesen új eszköztárának kialakításának lehetőségét nyitják meg (Valdes, 2006).

Irodalom

B. Bayer W. Marquardt, L. von Wedel. Perspectives on lifecycle modeling, A.I.Ch.E Symposium Series, 96(323):192–214, 2000

J. Han, M. Kamber, and J. Pei, Data Mining: Concepts and Techniques, Second Edition, The Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems, 2005

N. Gershenfeld, The Nature of Mathematical Modeling, Cambridge University Press, 1999

J.H. Krieger: Process Simulation Seen As Pivotal In Corporate Information Flow, *Chemical & Engineering News*, March 27, 1995.

S. Roweis and L. Saul. Nonlinear dimensionality reduction by locally linear embedding. *Science*, 290:2323–2326, 2000.

Y.Z. Lu. Industrial Intelligent Control: Fundamentals and Application, John Wiley and Sons, 1996

J. Valdes and A. Barton. Virtual reality spaces: Visual data mining with a hybrid computational intelligence tool. Technical report, NRC/ERB-1137, (NRC 48501), 2006

⁵⁰ Abonyi J, Roubos J A, Szeifert F, Data-driven generation of compact, accurate, and linguistically sound fuzzy classifiers based on a decision-tree initialization, *INTERNATIONAL JOURNAL OF APPROXIMATE REASONING* 32: pp. 1-21. (2003), IF: 0.536 , Független idéző: 77

⁵¹ Roubos J A, Setnes M, Abonyi J, Learning fuzzy classification rules from labeled data, *INFORMATION SCIENCES* 150: pp. 77-93. (2003), IF: 0.447, Független idéző: 44

⁵² Pach FP, Gyenesei A, Abonyi J. Compact fuzzy association rule-based classifier, *EXPERT SYSTEMS WITH APPLICATIONS* 34:(4) pp. 2406-2416. (2008), IF: 2.596, Független idéző: 4

⁵³ Pach F P, Gyenesei A, Abonyi J, MOSSFARM: Model structure selection by fuzzy association rule mining, *JOURNAL OF INTELLIGENT & FUZZY SYSTEMS* 19:(6) pp. 399-407. (2008), IF: 0.649, Független idéző: 1

Az értekezés tárgykörében megjelent könyvek

Abonyi J, Fuzzy Model Identification for Control, Boston: Birkhauser Verlag, 2003. 273 p., (ISBN:978-0-8176-4238-9), Független idéző: 30

Abonyi J, Feil B, Cluster Analysis for Data Mining and System Identification, Berlin: Birkhauser Verlag, 2007. 303 p., (ISBN:978-3-7643-7987-2), Független idéző: 15

Az értekezés tárgykörében megjelent referált folyóiratcikkek

Az egyetlen szerzőként írt cikkek (46, 47, 59, 65, 66) dőlttel szedve

1. Abonyi J, Babuska R, Verbruggen H B, Szeifert F, Incorporating prior knowledge in fuzzy model identification, INTERNATIONAL JOURNAL OF SYSTEMS SCIENCE 31: pp. 657-667. (2000), IF: 0.290, Független idéző: 16
2. Abonyi J, Bodizs A, Nagy L, Szeifert F, Hybrid fuzzy convolution model and its application in predictive control, CHEM ENG RES DES 78: 597-604 (2000), IF: 0.732, Független idéző: 3
3. Abonyi J, Nagy L, Szeifert F, Hybrid fuzzy convolution modelling and identification of chemical process systems, INT J SYST SCI 31: 457-466 (2000), IF: 0.29, Független idéző: 3
4. Abonyi J, Babuska R, Botto M A, Szeifert F, Nagy L, Identification and control of nonlinear systems using Fuzzy Hammerstein models, IND ENG CHEM RES 39: 4302-4314 (2000), IF: 1.294, Független idéző: 33
5. Abonyi J, Babuska R, Verbruggen H B, Szeifert F, Incorporating prior knowledge in fuzzy model identification, INT J SYST SCI 31: 657-667 (2000), IF: 0.290, Független idéző: 16
6. Abonyi J, Nagy L, Szeifert F, Fuzzy model-based predictive control by instantaneous linearization, FUZZY SET SYST 120: 109-122 (2001), IF: 0.47, Független idéző: 26
7. Abonyi J, Babuska R, Szeifert F, Fuzzy modeling with multivariate membership functions: Gray-box identification and control design, IEEE T SYST MAN CY B 31: 755-767 (2001), IF: 0.789, Független idéző: 28
8. Abonyi J, Chovan T, Szeifert F, Identification of nonlinear systems using Gaussian mixture of local models, HUNG J IND CHEM 29: (2)129-134 (2001), Független idéző: 5
9. Tamas F D, Abonyi J, Puertas F, Trace elements based classification on clinkers. Application to Spanish clinkers, MATER CONSTRUCC 51: 85-96 (2001), IF: 0.073
10. Abonyi J, Babuska R, Szeifert F, Modified Gath-Geva fuzzy clustering for identification of Takagi-Sugeno fuzzy models, IEEE T SYST MAN CY B 32: 612-621 (2002)
11. IF: 0.630, Független idéző: 104
12. Tamas F D, Abonyi J, Trace elements in clinker I. A graphical representation, CEMENT CONCRETE RES 32: 1319-1323 (2002), IF: 0.764, Független idéző: 5
13. Tamas F D, Abonyi J, Borszeki J, Halmos P, Trace elements in clinker II. Qualitative identification by fuzzy clustering, CEMENT CONCRETE RES 32: 1325-1330 (2002), IF: 0.764, Független idéző: 6
14. Abonyi J, Tamas F D, Potgieter S, Potgieter H, Analysis of trace elements in South African clinkers using latent variable model and clustering, S AFR J CHEM-S-AFR T 56: 15-20 (2003), IF: 0.240, Független idéző: 2
15. Abonyi J, Roubos J A, Szeifert F, Data-driven generation of compact, accurate, and linguistically sound fuzzy classifiers based on a decision-tree initialization, INT J APPROX REASON 32: 1-21 (2003), IF: 0.536, Független idéző: 79
16. Abonyi J, Feil B, Nemeth S, Arva P, Fuzzy Clustering based Time Series Segmentation, LECT NOTES COMPUT SCI 200: (2810)75-81 (2003), Független idéző: 3
17. Abonyi J, Feil B, Németh S, Árva P, Hisztorikus folyamat-adatok szegmentálása Fuzzy csoportosítási algoritmus segítségével, ACTA AGRARIA KAPOSV 7: (3)69-86 (2003)
18. Abonyi J, Nemeth S, Vincze C, Arva P, Process analysis and product quality estimation by Self-Organizing Maps with an application to polyethylene production, COMPUT IND 52: 221-234 (2003), IF: 0.692, Független idéző: 10
19. Abonyi J, Szeifert F, Supervised fuzzy clustering for the identification of fuzzy classifiers PATTERN RECOGN LETT 24: 2195-2207 (2003), IF: 0.809, Független idéző: 55

20. Madar J, Abonyi J, Roubos H, Szeifert F, Incorporating prior knowledge in a cubic spline approximation-application to the identification of reaction kinetic models, *IND ENG CHEM RES* **42**: 4043-4049 (2003), IF: 1.31, Független idéző: 10
21. Roubos J A, Setnes M, Abonyi J, Learning fuzzy classification rules from labeled data, *INFORM SCIENCES* **150**: 77-93 (2003), IF: 0.447, Független idéző: 47
22. Abonyi J, Tamas F D, Tritthart J, Exploratory data analysis of trace elements in clinker, *ADV CEM RES* **16**: 9-15 (2004), IF: 0.275, Független idéző: 1
23. Feil B, Abonyi J, Madár J, Németh S, Árva P, Identification and Analysis of MIMO Systems based on Clustering Algorithm, *ACTA AGRARIA KAPOSV* **8**: (3)191-203 (2004), Független idéző:
24. Feil B, Abonyi J, Szeifert F, Model order selection of nonlinear input-output models - a clustering based approach, *J PROCESS CONTR* **14**: 593-602 (2004), IF: 1.241, Független idéző: 20
25. Feil B, Abonyi J, Pach P, Nemeth S, Arva P, Nemeth M, Nagy G, Semi-mechanistic models for state-estimation - Soft sensor for polymer melt index prediction, *LECT NOTES ARTIF INT* **3070**: 1111-1117 (2004), IF: 0.251, Független idéző: 3
26. Madar J, Szeifert F, Nagy L, Chovan T, Abonyi J, Tendency model-based improvement of the slave loop in cascade temperature control of batch process units, *COMPUT CHEM ENG* **28**: 737-744 (2004), IF: 1.678, Független idéző: 1
27. Mollov S, Babuska R, Abonyi J, Verbruggen H B, Effective optimization for fuzzy model predictive control, *IEEE T FUZZY SYST* **12**: 661-675 (2004), IF: 1.373, Független idéző: 29
28. Abonyi J, Feil B, Abraham A, Computational intelligence in data mining, *INFORMATICA (LJUBLJANA)* **29**: (1)3-12 (2005), Független idéző: 8
29. Abonyi J, Feil B, Nemeth S, Arva P, Modified Gath-Geva clustering for fuzzy segmentation of multivariate time-series, *FUZZY SET SYST* **149**: 39-56 (2005), IF: 1.039, Független idéző: 16
30. Abonyi J, Abraham A, Special issue on computational intelligence in data mining, *INFORMATICA (LJUBLJANA)* **29**: (1)1-2 (2005), Független idéző: 2
31. Balaskó B, Madár J, Szeifert F, Abonyi J, Evolutionary Strategy in Iterative Experiment Design, *HUNG J IND CHEM* **33**: (1)113-117 (2005)
32. Feil B, Abonyi J, Nemeth S, Arva P, Monitoring process transitions by Kalman filtering and time-series segmentation, *COMPUT CHEM ENG* **29**: 1423-1431 (2005), IF: 1.501,, Független idéző: 5
33. Madar J, Abonyi J, Szeifert F, Feedback linearizing control using hybrid neural networks identified by sensitivity approach, *ENG APPL ARTIF INTEL* **18**: (3)343-351 (2005), IF: 0.709, Független idéző: 7
34. Madar J, Abonyi J, Szeifert F, Genetic programming for the identification of nonlinear input - Output models, *IND ENG CHEM RES* **44**: 3178-3186 (2005), IF: 1.504, Független idéző: 24
35. Madar J, Abonyi J, Szeifert F, Interactive evolutionary computation in process engineering, *COMPUT CHEM ENG* **29**: 1591-1597 (2005), IF: 1.501, Független idéző: 5
36. Madár J, Abonyi J, Szeifert F, New Approaches to the Identification of Semi-mechanistic Process Models, *ACTA AGRARIA KAPOSV* **8**: (3)1-9 (2005)
37. Pach F, Szeifert F, Németh S, Árva P, Abonyi J, Fuzzy Association Rule Mining for Data Driven Analysis of Dynamical Systems, *HUNG J IND CHEM* **33**: (1-2)57-67 (2005)
38. Balaskó B, Németh S, Abonyi J, Működő technológia optimalizálása az irányító rendszer modelljének felhasználásával, *ACTA AGRARIA KAPOSV* **10**: (3)201-209 (2006)
39. Nemeth S, Feil B, Arva P, Abonyi J, Effects of catalyst activity profiles on the operating conditions of an industrial polymerization reactor, *POLYM-PLAST TECHNOL* **45**: (12)1301-1306 (2006), IF: 0.333, Független idéző: 1
40. Pach F P, Gyenesi A, Németh S, Arva P, Abonyi J, Fuzzy Association Rule Mining for the Analysis of Historical Process Data, *ACTA AGRARIA KAPOSV* **10**: (3)89-107 (2006)
41. Pach F P, Feil B, Nemeth S, Arva P, Abonyi J, Process-data-warehousing-based operator support system for complex production technologies, *IEEE T SYST MAN CY A* **36**: 136-153 (2006), IF: 0.980, Független idéző: 5
42. Varga T, Szeifert F, Abonyi J, Heterokatalitikus reaktorok vizsgálata, *ACTA AGRARIA KAPOSV* **10**: (3)121-135 (2006)
43. Balasko B, Abonyi J, What Happens to Process Data in Chemical Industry? From Source to Applications – an Overview, *HUNG J IND CHEM* **35**: 75-84 (2007)
44. Feil B, Balasko B, Abonyi J, Visualization of Fuzzy Clusters by Fuzzy Sammon Mapping Projection – Application to the Analysis of Phase Space Trajectories, *SOFT COMPUT* **11**: (5)479-489 (2007), IF: 0.607, Független idéző: 7
45. Szeifert F, Chován T, Nagy L, Abonyi J, Árva P, Runaway of Chemical Reactors: Parametric Sensitivity and Stability, *HUNG J IND CHEM* **35**: 18-30 (2007)
46. Abonyi J, *Application of Exploratory Data Analysis to Historical Process Data of Polyethylene Production*, *HUNG J IND CHEM* **35**: 85-93 (2007)
47. J Abonyi, *Process Engineering Research and Education at the Department of Process Engineering – Past, Present and Future*, *HUNG J IND CHEM* **35**: (1)1-5 (2007)

48. Moldoványi N, Abonyi J, Control of a Continuous Vacuum Crystalliser in an Industrial Environment: A Feasibility Study – Comparison PID to Model Predictive Control Solution, HUNG J IND CHEM **35**: 65-74 (2007)
49. Kenesei T, Abonyi J, Interpetable Support Vector Machines in Regression and Classification – Application in Process Engineering, HUNG J IND CHEM **35**: 101-108 (2007)
50. Varga T, Szeifert F, Réti J, Abonyi J, Decision Tree Based Qualitative Analysis of Operating Regimes in Industrial Production Processes, HUNG J IND CHEM **35**: 95-99 (2007)
51. Varga T, Szeifert F, Abonyi J, Evolutionary Strategy for Feeding Trajectory Optimization of Fed-batch Reactors, ACTA POLYTECH HUNG **4**: (4)121-131 (2007)
52. Varga T, Abonyi J, Szeifert F, Applying decicison trees to investigate the operating regimes of a production process, ACTA AGRARIA KAPOSV **11**: (2)175-187 (2007)
53. Balasko B, Nemeth S, Nagy G, Abonyi J, Integrated Process and Control System Model for Product Quality Control – Application to a Polypropylene Plant, CHEM PROD PROC MODEL **3**: (1)1-12 (2008)
54. Dobos L, Németh S, Abonyi J, Optimization of Product Grade Transition by Model Predictive Control, ACTA AGRARIA KAPOSV **12**: (2)25-38 (2008)
55. Pach F P, Gyenesei A, Abonyi J, MOSSFARM: Model structure selection by fuzzy association rule mining, J INTELL, FUZZY SYST **19**: (6)399-407 (2008), IF: 0.649, Független idéző: 1
56. Pach FP, Gyenesei A, Abonyi J, Compact fuzzy association rule-based classifier, EXPERT SYST APPL **34**: (4)2406-2416 (2008), IF: 2.596, Független idéző: 4
57. Varga T, Horváth G, Abonyi J, Determination of Safety Operating Regimes Based on the Analysis of Characteristic Equation of State-Space Model, HUNG J IND CHEM **36**: 149-153 (2008)
58. Vathy-Fogarassy A, Werner-Stark A, Abonyi J, Topology representing networks for the visualization of manifolds, J MATH MODEL ALGORITHMS **7**: (4)351-370 (2008)
59. Abonyi J, *Integration of Process Simulators in Advanced Process Control Solutions*, HUNG J IND CHEM **37**: (1)51-57 (2009)
60. Dobos L, Jaschke J, Abonyi J, Skogestad S, Dynamic Model and Control of Heat Exchanger Networks for District Heating, HUNG J IND CHEM **37**: (1)37-49 (2009)
61. Moldovanyi 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
62. Varga T, Szeifert F, Abonyi J, Decision tree and first-principles model-based approach for reactor runaway analysis and forecasting, ENG APPL ARTIF INTEL **22**: (4-5)569-578 (2009), IF: 1.397
63. Vathy-Fogarassy A, Abonyi J, Local and global mappings of topology representing networks, INFORM SCIENCES **179**: (21)3791-3803 (2009), IF: 3.095*
64. Bankó Z, Abonyi J, PCA Driven Similarity for Segmented Univariate Time Series, HUNG J IND CHEM **37**: (1)59-67 (2009)
65. Abonyi J, *Generating frequent itemsets by a bitmap based algorithm - the word's most compact frequent itemset miner*, J INTEL LEARN SYST APPL: 1-10 (2010), *elfogadva*
66. Abonyi J, *Graph Clustering and Visualization based on Node Similarity Measure*, INT J ARTIF INTEL **2010**: (1)1-12 (2010), *elfogadva*
67. Varga 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