

Volume 11 No 2 2007
ISSN 1418-1789

Acta Agraria Kaposváriensis



Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar, Kaposvár

University of Kaposvár, Faculty of Animal Science, Kaposvár



Acta Agraria Kaposváriensis

Az Acta Agraria Kaposváriensis évente több alkalommal megjelenő tudományos folyóirat, amely eredeti tudományos közleményeket, kutatási eredményeket, kritikai összefoglalókat, konferenciákról beszámolókat, könyvismertetéseket és szerkesztőhöz küldött leveleket közöl a mezőgazdaság, elsősorban az állattenyésztés és az állati termék előállítás minden területéről.

Acta Agraria Kaposváriensis is a scientific journal published several times a year, containing original scientific reports, research results, critical résumés, conference reviews, book reviews and letters to the editor related to topics within the field of agricultural science, particularly that of animal breeding science.

Főszerkesztő
Editor in chief

Dr. Csapó János D.Sc. egyetemi tanár

Szerkesztő
Editor

Stanics Judit vegyésztechnikus

Szerkesztőbizottság
Editorial board

Dr. Babinszky László Ph.D. egyetemi tanár
Dr. Csató László C.Sc. egyetemi docens
Dr. Csukás Béla C.Sc. egyetemi docens
Dr. Kalmár Sándor C.Sc. egyetemi tanár
Dr. Kovács Melinda C.Sc. egyetemi tanár
Dr. Lengyel Attila C.Sc. egyetemi tanár
Dr. Stefler József C.Sc. egyetemi tanár
Dr. Sütő Zoltán Ph.D. egyetemi docens
Dr. Szakály Zoltán C.Sc. egyetemi docens
Dr. Szendrő Zsolt D.Sc. egyetemi tanár

Volume 11 No 2 2007
ISSN 1418-1789

Acta Agraria Kaposváriensis



Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar, Kaposvár
University of Kaposvár, Faculty of Animal Science, Kaposvár



Szerkesztőség
Editorial office

Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar
University of Kaposvár, Faculty of Animal Science

H-7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

H-7401 Kaposvár, P.O.Box 16.

Tel.: 36-82-314-155, 505-800, 505-900; fax: 36-82-321-749

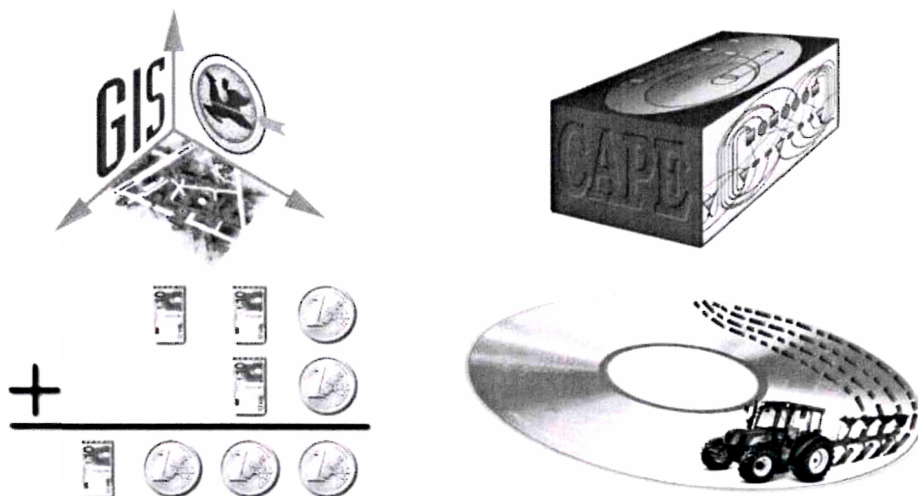
e-mail: csapo@mail.atk.u-kaposvar.hu

Kiadja és terjeszti a
Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar
Published and distributed by
University of Kaposvár, Faculty of Animal Science
H-7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.
Készítette a Nomad.hu Kft., 200 pld.-ban
Printed at the Nomad Ltd., 200 copies produced

Felelős kiadó
Responsible for publication
Dr. Holló István C.Sc.
egyetemi tanár
university professor
dékán
Dean of Faculty

Kaposvár, 2007

GAZDASÁGTUDOMÁNYI KAR
INFORMATIKA TANSZÉK
MATEMATIKA ÉS FIZIKA TANSZÉK
ÁLLATTUDOMÁNYI KAR
ALKALMAZOTT INFORMATIKAI SZOLGÁLTATÓ TUDÁSKÖZPONT



VI. ALKALMAZOTT INFORMATIKA KONFERENCIA

(A kötetben a konferencián elhangzott előadások kibővített, lektorált változatait közöljük)

Szerkesztette: Barna R.

Kaposvári Egyetem
2007. május 25. péntek



A konferencia az Európai Unió társfinanszírozásával, a Nemzeti Fejlesztési Terv ROP-3.3.1.-2004-08-0015/33 Operatív Programja keretében került megrendezésre

Magyarország célba ér



A VI. Alkalmazott Informatika Konferencia védnökei

Kaposvári Egyetem

Babinszky László egyetemi tanár, a Kaposvári Egyetem rektora

Holló István egyetemi tanár, a Kaposvári Egyetem Állattudományi Karának dékánja

Balogh László egyetemi docens, a Kaposvári Egyetem Gazdaságtudományi Karának dékánja

Programbizottság

elnök: Csukás Béla, Kaposvári Egyetem

tagok: Bánkuti Gyöngyi, Kaposvári Egyetem

Benczúr András, Eötvös Loránd Tudományegyetem

Bogner Péter, Kaposvári Egyetem

Cserny László, Dunaújvárosi Főiskola

Dobay Péter, Pécsi Tudományegyetem

Friedler Ferenc, Pannon Egyetem

Herdon Miklós, Debreceni Egyetem

Jereb László, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Raffai Mária, Széchenyi István Egyetem

Remetey-Fülöpp Gábor, HUNAGI

Sarudi Csaba, Kaposvári Egyetem, Országos Területfejlesztési Hivatal

Sima Dezső, Budapesti Műszaki Főiskola

Takátsy Tibor, Kaposvári Egyetem

Szervezőbizottság

elnök: Ulbert Zsolt

tagok: Barna Róbert

Bálint János

Bálint Jánosné

Borné Péter Orsolya

Klencsár Zoltán

Klingné Takács Anna

Kövér György

Papp Ervin

Stettner Eleonóra

Szabó György

Ureczky József

Walter Imola

Walter Zoltán

A konferencia támogatói

Magyar Terület- és Regionális Fejlesztési Hivatal, Regionális Fejlesztés Operatív Program

ESRI Magyarország Kft. 1066 Budapest Teréz krt. 46.

HungaroCAD Kft. 1022 Budapest, Bogár u. 16/b.

Fornetti Pannon Kft. 7275 Igal, Szántódi u. 1.



A kéziratokat lektorálták:

Balogh László egyetemi docens
Bánkuti Gyöngyi egyetemi docens
Barna Katalin egyetemi tanársegéd
Barna Róbert egyetemi adjunktus
Barótfi István egyetemi tanár
Belényesi Márta egyetemi adjunktus
Bizderi Róbert pályázati referens
Bokor Árpád egyetemi tanársegéd
Borgulya István egyetemi docens
Cserny László főiskolai tanár
Csukás Béla egyetemi docens
Dér Ferenc egyetemi docens
Farkas János egyetemi adjunktus
Gál János egyetemi tanársegéd
Hancz Csaba egyetemi tanár
Hantos Gábor csoportvezető kutató mérnök
Honfi Vid egyetemi adjunktus
Jeney Gábor egyetemi adjunktus
Kiss András informatikus
Kiss Ferenc egyetemi adjunktus
Kovács Bernadett egyetemi tanársegéd
Kövér György egyetemi docens
Kutics Károly ügyvezető igazgató
Lanszki József tudományos főmunkatárs
Monostori Ildikó fejlesztő technológus
Némon Zoltán főtitkár
Paál Jenő egyetemi tanár
Papp Tibor informatikus
Pázmány Gábor főosztályvezető-helyettes
Remetey-Fülöp Gábor vezető főtanácsos
Stettner Eleonóra egyetemi docens
Szalay Tibor egyetemi docens
Szeifert Ferenc egyetemi docens
Szendefy Judit biomérnök
Ulbert Zsolt egyetemi docens
Ureczky József egyetemi adjunktus

TARTALOM

<i>Paulovits G., Borbély G., G. Tóth L., Staszny Á.</i> A balatoni halállomány szaporodásának és ívási körülményeinek módosulásai a vízszintváltozás hatására	1
<i>Halas V., Babinszky L.</i> Szimulációs modellek a sertéshústermelés prognosztizálására	13
<i>Kováts N., Császár G., Borbély G., Refaey, M.</i> Reprodukció-gátlás vizuális értékelése ökotoxikológiai tesztekben	21
<i>Sugár L., Kovács Sz., Varga Gy., Barna R.</i> Zselicségi gímszarvasok kondíciójának, testnagyságának és parazitáinak vizsgálata a 2006/07 vadászidényben	27
<i>Szatai Zs., Fábíán T.</i> Műtrágyázott és műtrágyázatlan gyepek húsló eltartó képességének összehasonlítása ..	35
<i>Reskó B., Niistuma M., Baranyi P., Korondi P.</i> Intelligens Tér és alkalmazásai	41
<i>Horoszné Gulyás M.</i> Vízgazdálkodás – Természetvédelem – Földhasználat	53
<i>Jáger B., Honfi V.</i> Térinformatikai rendszer adaptálása tápanyag gazdálkodás támogatására	67
<i>Bakonyi E., Gergelics N., Honfi V., Barna R.</i> Somogy megye településein 1998-2006. között történt tűzoltó-beavatkozások statisztikai elemzése	75
<i>Pásztor L., Szabó J., Bakacsi Zs., Dombos M., László P.</i> A Digitális Kreybig Talajinformációs Rendszer pontosságának és megbízhatóságának növelése	85
<i>Max Gy.</i> Közlekedési események automatikus felismerésének modellje	99
<i>Kovács T.</i> 3D szkennel kamera zajmodelljének validációja	107
<i>Széll K., Sziebig G.</i> Egy egyenáramú hajtás animációja, szimulációja és Internet alapú mérése a távoktatásban.....	115
<i>Fabulya Z.</i> Autoklávus hőkezelés szimulációja élelmiszeripari vállalatok energia költségének optimalizálására	125

<i>Beck J., Klencsár Z.</i> Nap- és szélerőművek helyileg optimális megválasztását segítő számítógépes program.....	135
<i>Szücs I., Pitlik L.</i> Lakossági termékvásárlási modellek és viselkedési hitelpontozó kártyák fejlesztése makrogazdasági peremfeltételekkel	153
<i>Réz T.</i> Intelligens mobil eszközzel támogatott üzleti megoldások az értékesítés szolgálatában.....	165
<i>Varga T., Abonyi J., Szeifert F.</i> Döntési fák alkalmazási lehetőségei technológiai rendszerek működtetési tartományainak diagnosztikai célú leírására.....	175
<i>Bézy Z., Virágh M., Nagy T., Meszéna Zs., Varga M., Balogh S., Csukás B.</i> Fluidizációs-porlasztásos granulálási kísérletek és technológiák kiértékelése és elemzése.....	187
<i>Balaskó B., Németh S., Abonyi J.</i> Idősorok hasonlóságának alkalmazása kvalitatív trend elemzés céljából	197
<i>Varga M., Balogh S., Csukás B., Bézy Z., Virágh M., Nagy T.</i> Fluidizációs-porlasztásos granulálási technológiák méretnövelését segítő szimulációs modell kialakítása.....	211
<i>Bánkuti Gy.</i> Egy szállításszervezést segítő modell bemutatása.....	223
<i>Luspay T., Varga I.</i> Korszerű forgalomirányító rendszerek leírása állapottérben.....	235
<i>Varga M.</i> A mitokondrium és a kloroplaszt modellezésének összehasonlító elemzése és tanulságai	249
<i>Kenesei T., Feil B., Abonyi J.</i> Neurális hálózatok értelmezhetősége és annak javítása	259

CONTENTS

<i>G. Paulovits, G. Borbély, L. G. Tóth, Á. Staszny</i> Effects of water level fluctuation on reproduction and spawning habits of fish species in Lake Balaton	1
<i>V. Halas, L. Babinszky</i> Model simulation for pigs to predict meat production	13
<i>N. Kováts, G. Császár, G. Borbély, M. Refaey</i> Visual assessment of growth inhibition in ecotoxicological tests	21
<i>L. Sugár, Sz. Kovács, Gy. Varga, R. Barna</i> Examination of red deer from the Zselic region for body condition, size and parasites during the 2006/07 hunting season	27
<i>Zs. Szatai, T. Fábán</i> Comparing productivity of fertilized and unfertilized grasslands on the base of horse meat production	35
<i>B. Reskó, M. Niistuma, P. Baranyi, P. Korondi</i> Intelligent Space and its applications	41
<i>M. Horoszné Gulyás</i> Water resources management – Nature protection – Land use	53
<i>B. Jáger, V. Honfi</i> Adapting geographic information system for supporting nutrient management	67
<i>E. Bakonyi, N. Gergelics, V. Honfi, R. Barna</i> Statistical analysis of fire rescues between 1998 and 2006 in Somogy county.....	75
<i>L. Pásztor, J. Szabó, Zs. Bakacsi, M. Dombos, P. László</i> Increasing the accuracy and reliability of the Digital Kreybig Soil Information System.....	85
<i>Gy. Max</i> Model of automatic recognition of traffic events	99
<i>T. Kovács</i> Validity Checking of the 3D Scanner Camera Noise Model	107
<i>Széll K., Sziebig G.</i> Animation, Simulation and Internet Based Measurement of a DC Servo System in Distant Learning.....	115
<i>Z. Fabulya</i> Simulation of autoclaving to optimize energy costs of food industry enterprises.....	125

<i>J. Beck, Z. Klencsár</i> Computer program for estimating the efficiency of solar- and wind power plant investments	135
<i>I. Szűcs, L. Pitlik</i> Retail product purchase model and behavioural scorecard development with macro-economical boundary conditions	153
<i>T. Réz</i> Business solutions supported by smart mobile tools in the service of sale	165
<i>T. Varga, J. Abonyi, F. Szeifert</i> Applying decision trees to investigate the operating regimes of a production process	175
<i>Z. Bézy, M. Virágh, T. Nagy, Zs. Meszéna, M. Varga, S. Balogh, B. Csukás</i> Data Acquisition and Analyzes of Lab, Pilot and Plant Scale Fluid Bed Granulation Processes	187
<i>B. Balaskó, S. Németh, J. Abonyi</i> Time-Series Similarity Application to Qualitative Process Trend Analysis	197
<i>M. Varga, S. Balogh, B. Csukás, Z. Bézy, M. Virágh, T. Nagy</i> Development of a Simulation Model for Scaling-up of Fluid Bed Granulation Processes	211
<i>Gy. Bánkuti</i> Introduction of a Road Transport Organization Supporting Model	223
<i>T. Luspai, I. Varga</i> Modern traffic control systems in state-space approach	235
<i>M. Varga</i> Structural Model Based Comparative Analysis of Mitochondrion and Chloroplast	249
<i>T. Kenesei, B. Feil, J. Abonyi</i> Complexity Reduction of Local Linear Models Extracted from Neural Networks	259



A balatoni halállomány szaporodásának és ívási körülményeinek módosulásai a vízszintváltozás hatására

Paulovits¹ G., Borbély² G., G. Tóth¹ L., Staszny³ Á.

¹MTA Balatoni Limnológiai Kutatóintézet, 8237 Tihany, Klebelsberg K. u. 3.

²Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Környezetmérnöki és Kémiai Technológia Intézeti Tanszék, 8200 Veszprém, Egyetem u. 10.

³Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Halgazdálkodási Tanszék, 2103 Gödöllő, Páter K. u. 1.

ÖSSZEFOGLALÁS

2004-ben felmértük a Balaton partvonalának minőségét (köves part, nádas-gyékényes, beton, ill. fövény), a partszakaszok hosszát minőségük szerint. A Balaton kőszórásainak kövei megfelelően homogének abban a tekintetben, hogy alakjuk sokszögletű mértani idom, hiszen kőbányákból kerültek a töltésekre. Digitális fotók számítógép vezérelt képanalízise alkalmas módszernek tűnt a kövek egy-egy lapja felszínének pontos meghatározására, majd az átlagos balatoni köidom felületének kiszámítására. A felmért partszakaszok esetén becsültük a vízzel borított partfelület nagyságát 10 cm-es vízállásváltozásonként. A vizsgálatba vont halak (Cyprinidae) szaporodási szokásait figyelembe véve ívás szemponjából potenciális szubsztrátként elsődlegesen a parti sáv sekély vízü zónái jöhetnek szóba. A négy partminőség közül a kövezéssel borított partszakaszok hossza 42%, tekinthetjük ezt dominánsnak. Szinte teljesen eltűnt a fövényes part, a ponty tipikus ívóhelye. Ma a kövezéses partszakaszokat ívóhelyként döntő mértékben a dévérkeszeg, a küsz, ezeken kívül a bodorka és kisebb részben más fajok (karika keszeg, ezüstkárász) veszik igénybe. A halállomány szerkezetének vizsgálata a dévérkeszeg, küsz és a bodorka dominanciáját mutatta. A mintavételekre 2006. április-június közötti időszakában került sor, Tihany, Örvényes, Keszthely, Balatonberény, Badacsonytomaj, Szigliget, Paloznak és Balatonfüred előtt, a parti sávban. A becsült lerakott fajlagos ikraszám 110 és 2196 db/m² között változott, Szigligetnél mutatva a legalacsonyabb, míg Keszthelynél a legmagasabb értéket. A keszegfélék potenciális ívóhelyein 0-30 cm vízállás között szinte mindenütt eltűnik a vízzel borított köves szubsztrát. -50 cm vízállás mellett a tó szubsztráthiányossá válik, ami zavarokat okozhat a keszegfélék utánpótlásában, ezért különösen fontos lenne a Zala-Kis-Balaton megnyitása az ívó halak számára. Az ívóhelyek minősége és felülete megfelelő vízállás mellett sem biztosítja néhány faj (ponty, harcsa, balin) ívását a Balatonban. A Balatonba ömlő befolyók nagyobb szerepet játszhatnak a természetes utánpótlás biztosításában.

(Kulcsszavak: Balaton, ívóhely, köves part)

ABSTRACT

Effects of water level fluctuation on reproduction and spawning habits of fish species in Lake Balaton

G. Paulovits¹, G. Borbély², L. G. Tóth¹, Á. Staszny³

¹Balatoni Limnological Institute of the Hungarian Academy of Sciences, 8237 Tihany, Klebelsberg K. street 3.

²University of Pannonia, Dept. of Environmental Engineering and Chemical Technology, 8200 Veszprém, Egyetem street 10.

³Szent István University, Dept. of Fish Farming, 2103 Gödöllő, Páter K. street 1.

In 2004, the types of shoreline were estimated on Lake Balaton, such as rip-rap, reedy, concrete or grit. In the rip-rap covered parts, the rocks are rather uniform in size because they originate

from quarries faces of which can be modeled as polygons. Exact area of a specific face of a rock can be determined by digital image analysis. Wetted area of the shore was estimated as a function of water level in 10 cm steps of level changes. Taking into account the reproduction characteristics of the studied fish species (Cyprinidae) the potential substrates of spawning are dominantly the shallow zones near the shoreline. The dominant type of shoreline is rip-rap with about 42% of total.. Almost all grit are has been lost in recent decades though it is the typical reproduction area of carp. The rip-rap covered shore sections are used for reproduction by species of bream. On studying the structure of fish stock we found that the dominant species were the bream, bleak and roach. Spawn samples were collected in April and June, 2006, at the shoreline area near Tihany, Örvényes, Keszthely, Balatonberény, Badacsonytomaj, Szigliget, Paloznak and Balatonfüred. The estimated specific number of spawn was between 110 and 2196 pieces/m². The lowest figure was found near Szigliget while the highest near Keszthely. The wet rocky substrate, disappears almost everywhere around the lake when the water level decreases to and below 30 cm. The lake shows substrate deficit when the water level is -50 cm that may cause some problems in the reproduction of species of bream, so it would be very important that to open the Zala and Little Balaton Water Protection System in front of the spawning fish. The reproduction area can not sustain the spawn-taking of any fish (i.e.: carp, wels, asp) when the there are some suitable area and the water level is good. The inlets of Balaton could play more important role in the rising of new generations.

(Keywords: Balaton, area of spawn-taking, rip-rap covered shoreline)

BEVEZETÉS

A Balaton vízszintjének változásai, különösen a gyors lefolyású és tartós változások jelentős hatással lehetnek a tó halfaunájára. A vegetációs időszakban a tó parti sávjának halsűrűsége elérheti a 20000 egyed/ha-t, míg a nyíltvízen az egyedsűrűség két-három nagyságrenddel kisebb (Paulovits et. al., 1991). E hatások ezért elsősorban a partmenti régióban jelentkeznek: az alacsony vízállás miatt a parti sáv élőhelyei, a nádasok és kövezések, amelyek fontos táplálkozási és szaporodási területei számos halfajnak (Paulovits et. al., 1994), összezsugorodnak, hozzáférhetetlenné válnak, illetve meg is szűnhetnek. A vízszint ingadozásai a nyíltvíz halállományára döntően közvetetten hatnak. A part menti ívó és ivadéknevelő helyek elvesztése számos itt élő állomány erőteljes csökkenését vonja maga után, míg a parti sáv táplálékkészletének kiesése az utánpótlás alakulásának meghatározó tényezője lehet az egyébként is kritikus korai fejlődési stádiumokban. Számolnunk kell az alacsonyabb vízmélység következtében megváltozó felkeveredés, vízhőmérséklet, áramlási viszonyok és a növekvő hullámhatás következményeivel is, amelyek a lerakott ikra, valamint a kikelt hallárvák fejlődésére és megmaradására fajonként eltérő hatást jelenthetnek. Az eddig említett negatív hatásokat csökkentheti az alacsonyabb vízszint tartóssá válásakor a szárazra kerülő területeken a növényzet előretörése, de kedvező lehet bizonyos ciklikusság megjelenése is a vízszint ingadozásában. Ahhoz azonban, hogy ezen kedvező hatások kialakulhassanak, a vízszint ingadozásoknak megfelelő ritmussal kell rendelkezniük. Ha a vízszint ingadozás ciklusai túl rövidek, akkor azok a halállományt nemcsak rövid, de hosszú távon is negatívan befolyásolhatják. A vízszint rövid távú – heti-havi léptékű – változásai a tavaszi és kora nyári időszakban okozhatnak igen jelentős kárt a halállományban, a lerakott ikra mennyiségében, a termékenyülés, az embrionális fejlődés és a lárvák kikéltése folyamatában (Specziár et. al., 1997). E tekintetben már akár 10-20 cm vízszintváltozás is jelentős lehet.

A napjainkban ill. a közelmúltban végzett, a halállomány nagyságára ill. fajdiverzitására irányuló vizsgálatok 31 őshonos és 9 betelepített fajt valószínűsítene a Balatonban (a befolyókkal együtt), melyek közül 26 rendszeresen előkerült. A Balaton keleti és nyugati medencéje között a halállomány sűrűségét, nagyságát tekintve mérhető különbség van (Paulovits et. al., 1991; Tátrai et. al., 1999; Bíró, 2000, 2002).

A korábbi évek kutatásai nem vizsgálták a tó természetes vízszintjének változása és a halállomány szerkezetében és nagyságában, a halközösség elemei között, valamint a különböző trofikus szintekhez tartozó szervezetek közötti kapcsolatok alakulásában bekövetkező változásokat. Az utóbbi években tapasztalt vízszintcsökkenések azonban indokoltá teszik ilyen összefüggések kutatását, végső soron a halgazdálkodás szempontjából kritikus vízszint meghatározását. Ennek megfelelően célkitűzéseink a következők:

- a parti sáv eltérő szerkezetű és tulajdonságú potenciális ívóhelyeinek felmérése, kiterjedésük és struktúrájuk vizsgálata különböző vízállások esetén;
- a parti sávban tömegesen ívó halfajok (dévérkeszeg, bodorka, küsz) szaporodási körülményeinek feltárása (ikra produkció, lerakott ikra mennyisége, kelési arány);
- az ívás környezeti feltételeinek és az ívóhely limnológiai jellemzőinek (pH, vízmélység, átlátszóság, oldott oxigén mennyisége, NTU-ban kifejezett zavarosság) vizsgálata a tó eltérő trofitású vizeitében.

ANYAG ÉS MÓDSZER

2002-04-ben felmértük a Balaton partvonalának minőségét (köves part, nádas-gyékényes, beton, ill. fövény), a partszakaszok hosszát minőségük szerint, műholdas helyzet-meghatározással rögzítettük. A felmérést ortofotók és terepbejárások segítségével validáltuk.

Minden rögzített partszakasz esetén becsültük a vízzel borított partfelület nagyságát 10 cm-es vízállásváltozásonként. A vizsgálatba vont halak (*Cyprinidae*) szaporodási szokásait figyelembe véve ívás szempontjából potenciális szubsztrátként elsődlegesen a parti sáv sekély vizű zónái jöhetnek szóba, különös tekintettel a köves szakaszokra. A Balaton kőszórásainak kövei megfelelően homogének abban a tekintetben, hogy alakjuk sokszögletű mértani idom, hiszen kőbányákból kerültek a töltésekre. Digitális fotók számítógép vezérelt képanalízise alkalmas módszernek tűnt a kövek egy-egy lapja felszínének pontos meghatározására, majd az átlagos balatoni köidom felületének kiszámítására. Így a kőszórásos partok víz alatti köfelületeinek meghatározásához (22-60 cm vízállások mellett) 14 helyszínen (Balatonszabadi, Balatonszéplak, Szántód, Balatonszemes, Balatonfenyves, Bélatelep, Balatonkenese, Balatonalmádi, Alsóörs, Csopak, Tihany, Révfülöp, Szigliget, Keszthely) 20-30 m hosszú szakaszokon 20-25 db méretkalibrált digitális fényképet készítettünk. Ezek egyenként kb. 2 x 2 m-es partszakaszt képeztek le. A fotókat COLIM Colour Image Analysis programmal (Pictron Computer and Videotechnics Ltd., Budapest) értékeltük ki. A köfelületek ismerete a későbbi vizsgálatok szempontjából döntő jelentőségűnek bizonyult.

2006. április-június hónapokban (a parti sávbeli ívási időszak főidényében) kétheti gyakorisággal, július-szeptember között (a lárva és ivadék növekedése idején) négyhetente-havonta mintákat vettünk a tó négy medencéjében, az északi part mentén a parti sáv keresztmetszeiteiben, kb. három méteres vízmélységig. A mintavételek helyeit április elején, előzetes terepbejárással jelöltük ki, lehetőség szerint a CORINE A-NÉR kód szerint validált mintaterületekhez igazodva. A mintavételek során felmértük a parti sáv eltérő mélységű és tulajdonságú, potenciális ívóhelyként működő mikrohabitatjainak

nagyságát és struktúráját, a természetes és mesterséges partszakaszok arányát, lehetőség szerint meghatároztuk a növényzet jellegét és mennyiségét, valamint az aljzat minőségét. Panel random 11-55 mm-es kopolyúháló, IUP-12 típusú elektromos halászgép és kézi ivadékháló alkalmazásával mintáztuk a tó parti sávjában tömegesen ívó halfajok (kűsz, dévérkeszeg, bodorka) állományait, vizsgáltuk az ikraprodukciót és a lerakott ikra mennyiségét. A lerakott ikra mennyiségét kvadrát-módszerrel becsültük. A lerakott ikra mennyiségét összevetettük a szubsztrát típusával ill. jellegével, becsültük a mintavételi helyeken az egységnyi felületre lerakott maximális ikraszámokat. A termékenyülés arányát mikroszkópos vizsgálatokkal ellenőrizzük. A kelési arány és az ivadékmegmaradás alakulását ivadékhálós mintavételekkel becsültük. Az íváskor lerakott ikra mennyiségének és az ivadék kelési arányának vízszinttől függő változásait, valamint a vízszintváltozásoknak a vizsgált halfajok szaporodására és korösszetételének alakulására gyakorolt hatásait a hozzáférhető hazai és nemzetközi irodalmi források felhasználásával elemeztük. A mintázott élőhelyeken mértük az ívás szempontjából lényeges környezeti paraméterek alakulását: a vízmélységet, átlátszóságot, üledék vastagságot, felkeveredés mértékét. Hordozható vízminőségvizsgáló műszerrel (Horiba U-10) mértük a pH-t, a hőmérsékletet, a vezetőképességet, az oldott oxigén mennyiségét, az NTU-ban kifejezett zavarosságot.; csőmintavevővel mértük az üledék vastagságát; Secchi-koronggal figyeztük a felkeveredés mértékét, azaz a zavarosságot. Mértük a tó északi és déli partvonal menti eltérő ívó- és élőhelyek limnológiai jellemzőit: a természetes és köszörásos partszakaszok arányát, a növényborítottság mértékét, a szubmerz és demerz állományok arányát, szubsztrátként való alkalmasságukat. A terepmunkák során műholdas helymeghatározást végeztünk, Garmin Etrex GPS ill. ortofotók segítségével. A mintavételekhez motorcsónakot, gumicsónakot és gépkocsit használtunk. Az adatok feldolgozását és ábrázolását digitalizált ortofotók felhasználásával, az EU CORINE A-NÉR kód szerint validált mintavételi helyek adatai alapján (*Fekete et al.*, 1997), ESRI ArcView szoftverrel végeztük. Az összegyűjtött adatok felhasználásával feltártuk, hogy a rendelkezésre álló ívófelületek (biotópok) nagysága miként változik a rövid- és hosszútávú, illetve eltérő mértékű vízszintingadozások hatására. Elemeztük a vízállás hatásait a vizsgált fajok termékenysége, a lerakott és termékeny ikra mennyisége, és az ivadék megmaradására. Leírtuk és bemutattuk a szaporodási területek (biotópok) limnológiai jellemzőit és strukturális adottságait, mint a halak szaporodásának döntő körülményeit.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELES

A terepbejárások alkalmával rögzített partminőségeket szakaszonként összegezve három partminőség mutatható ki, melyek közül a nád-gyékény borítottságú természetes partszakaszok a partnak 57%-át teszik ki. A nádasok legnagyobbbrészt az északi parthoz köthetők. A kövezéssel borított partszakaszok hossza 42%. A betonozott partvonal nem érte el az 1%-ot. Fővenyes parttal a gyakorlatban már nem számolhatunk (*1. ábra*).

A bemért partszakaszokat ortofotókhoz rögzítettük, validáltuk, és kijelöltük rajtuk az ívás vizsgálatának mintavételi helyeit. A mintavételekre április-május-június hónapokban került sor, Tihany, Örvényes, Keszthely, Balatonberény, Badacsonytomaj, Szigliget, Paloznak és Balatonfüred előtt, a szublitorális régióban.

A legnagyobb vízszintek 2002-2006. közötti tavaszi átlagos értékeit (*2. ábra*) alkalmaztuk, amikor a vízzel borított partfelület nagyságát becsültük. A vízállások különösen 2002-ben, 2003-ban és 2004-ben voltak alacsonyak: 66 cm, 60 cm és 72 cm.

1. ábra

A Balaton partszakaszainak domináns alkotói. A köves part aránya 42% körüli.

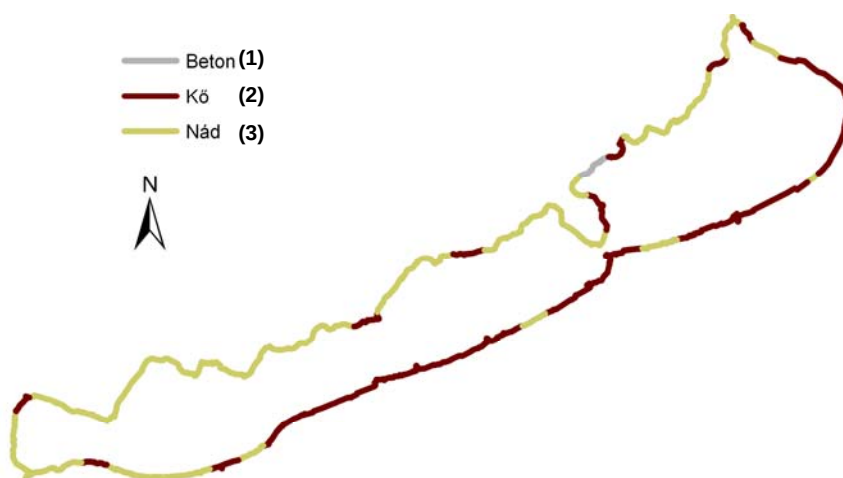


Figure 1: Dominant shoreline types in Lake Balaton. Rip-rap covered shoreline amounts to app. 42%.

Concrete(1), Rip-rap(2), Reed(3)

2. ábra

A maximális vízszintek átlagainak alakulása az ívási időszakban, 2002-2006.

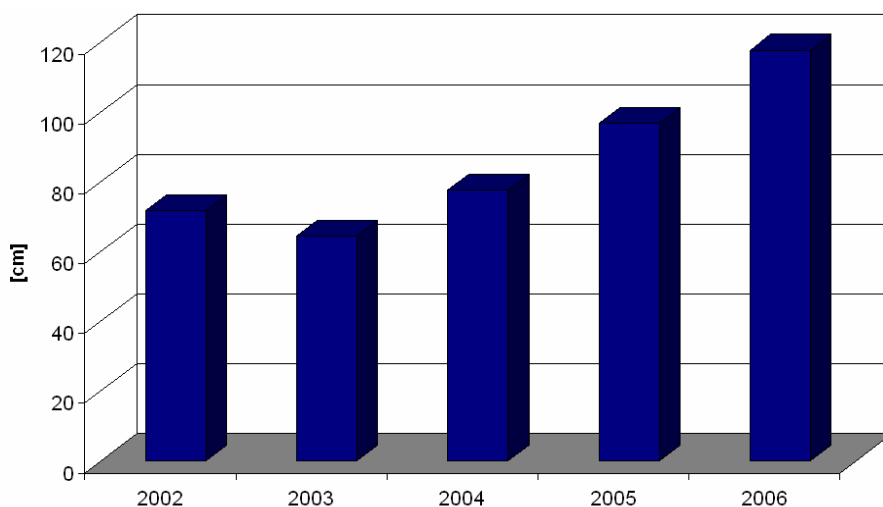


Figure 2: Average values of water level maxima between 2002 and 2006.

A vízzel borított partfelület nagyságát a rögzített partszakaszonként becsültük, 10 cm vízállásváltozásonként. A parti sáv sekély vízü potenciális szubsztrátként szóba jöhető felülete 0 cm vízállás mellett a déli parton elhanyagolhatóan kicsi, a 10000 m²-t meghaladó szakaszok száma mindössze három (3. ábra).

60 cm feltételezett vízállás mellett a vízborította partfelület 7 partszakaszon haladja meg a 20000 m²-t, a part majdnem teljes egészében tartalmaz vízborította felületeket, és nagyjából 0-20000 m² tartományba esik.

100 cm vízállás mellett a becsült elméleti vízzel borított partfelület 9 partszakaszon meghaladja az 50000 m²-t. A vízszint növekedésével elsősorban a sekély déli parton növekszik látványosan a szubsztrát vízborítása, 120 cm vízszinthez 2 szakaszon 80000 m²-t is meghaladó potenciális szubsztrát felületek alakulnak ki (4. ábra).

A tó vízszintjének XIX. sz. végi szabályozása, ezzel a természetes vízszintingadozások korlátozása nagymértékben befolyásolta több halfaj állományának szaporodását, csökkentve a potenciális ivóhelyek felületét. Ettől kezdve általában nem sikerül a Balatonban a ponty ivása, és már az 1900-as évek óta ivadék kihelyezésével biztosítják az utánpótlás egy részét. Az 1920-30-as években a mindenkor kihelyezett mennyiségnek 3-4-szeresét fogták vissza. A fogasszülő mesterséges szaporítása (védett keltetés) és kihelyezése a Balatonba 1903 óta folyik.

A tó természetes nád és gyékény borítottságú partszakaszai közül szinte teljesen eltűnt a főnyes part, a ponty tipikus ivóhelye. Ma a több mint 40%-ot kitevő kövezéses partszakaszokat ivóhelyként döntő mértékben a dévérkeszeg, a kűsz, ezeken kívül a bodorka és kisebb részben más fajok (karika keszeg, ezüstkárász) veszik igénybe. A köves partok vizes köfelületének nagyságát vizsgálva látható, hogy a vízszint csökkenésével felületük nagymértékben csökkenhet, ennek következtében már 60 cm vízállás mellett egyes partszakaszok kövezése szinte teljesen szárazra kerülhet. Így a 2002. tavaszi vízálláshoz tartozó becsült vízborította köves szubsztrát a part legnagyobb részén a 0-20000 m² tartományba esett (5. ábra). 2003-ra a szárazra került szubsztrát felülete tovább nőtt, a vizes felület teljes nagysága nem érte el a 640 ezer m²-t. A hozzáférhető szubsztrát felületének növekedése 2004-ben még nem volt látványos (840 ezer m²), de 2005-ben a felület nagysága meghaladta a 900 ezer m²-t, 2006-ra pedig az 1 millió m²-t (6. ábra).

A halállomány szerkezetének egyedszám szerinti vizsgálata a dévérkeszeg (23-44%), kűsz (22-48%) és a bodorka (7-14%) dominanciáját mutatta (7. ábra). Az egyéb fajok aránya Badacsonytomajnál volt a legkisebb (26%), Keszthelynél a legnagyobb (34%).

A lerakott ikramennyiségeket vizsgálva, a szubsztrát felületén leszámolt ikramennyiségek közül a legnagyobb ikraszámokat m²-re vetítve, becsültük az adott mintavételi partszakaszra jutó maximális elméleti ikrák számát.

A legnagyobb fajlagos ikraszámokat a vizsgálat ideje alatt a köves szubsztrát felületeken találtuk, melyek 110 és 2196 db/m² között változtak. A fajlagos ikraszám Tihanynál és Szigligetnél volt a legalacsonyabb (250-500 db/m²), és Keszthelynél volt a legmagasabb (1250 db/m²). A lerakott ikra 23-81%-a dévérkeszegtől, 15-59%-a kűsztől származott.

A tihanyi és keszthelyi minták alapján a dévérkeszeg ikra kelési aránya 5-8%, a kűsz ikráé 4-9% volt. A nádasok szegélyének ikravizsgálatai alapján az itt lerakott ikra nagyságrenddel kevesebb volt Tihanynál (0-62 db/m²) és Keszthelynél (0-103 db/m²), melynek 58-75%-a bodorkától származott.

Ha 10 cm vízállás-változási scenáriók mellett a dévérkeszeg és kűsz számára rendelkezésre álló ideális ivófelület nagyságának változásait vizsgáljuk, a partvonal hosszának mintegy 40%-át kitevő kövezéses partszakaszok vizes köfelület nagyságát ábrázolva megfigyelhető, hogy a Siófoki-medencében a déli part nagyrészen, valamint Balatonmádinál 30 cm vízállás mellett, míg az északi part többi részén becsléseink szerint -30 cm-nél eltűnik a köves szubsztrát.

3. ábra

A vízzel borított partfelület (potenciális szubsztrát) becsült nagysága [m²]
0 cm vízállás esetén

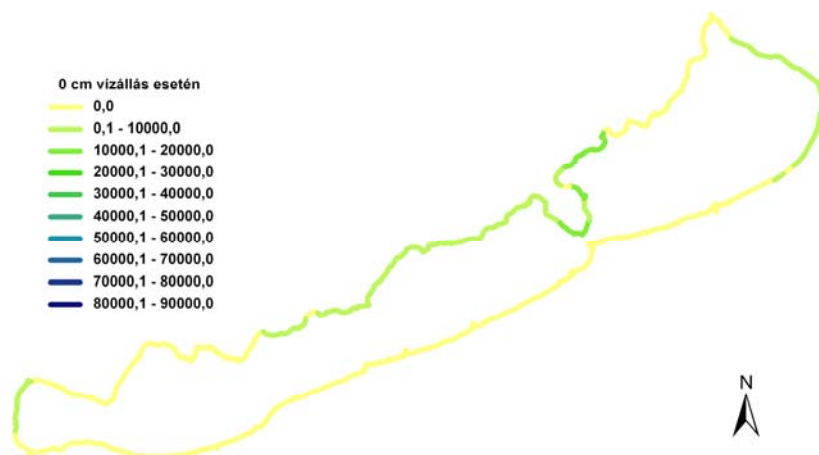


Figure 3: Estimated area of underwater shoreline (potential substrate) in m² at 0 cm water level

4. ábra

A vízzel borított partfelület (potenciális szubsztrát) becsült nagysága [m²]
120 cm vízállás esetén

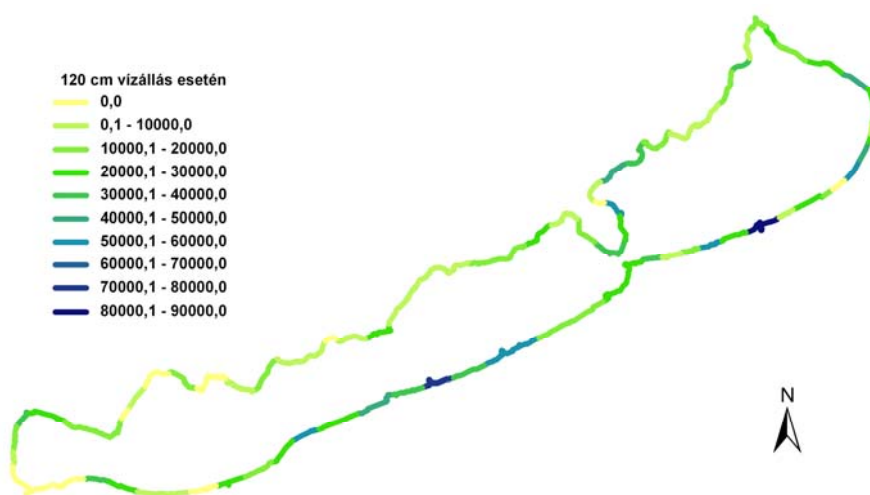


Figure 4: Estimated area of underwater shoreline (potential substrate) in m² at 120 cm water level

5. ábra

A koordinátákkal rögzített kövezett partszakaszokhoz tartozó vizes kőfelület becsült nagysága [m²] 2002-ben, az ívási időszakban (IV.-VI.). A vizes kőfelület kevesebb, mint 690 ezer m².

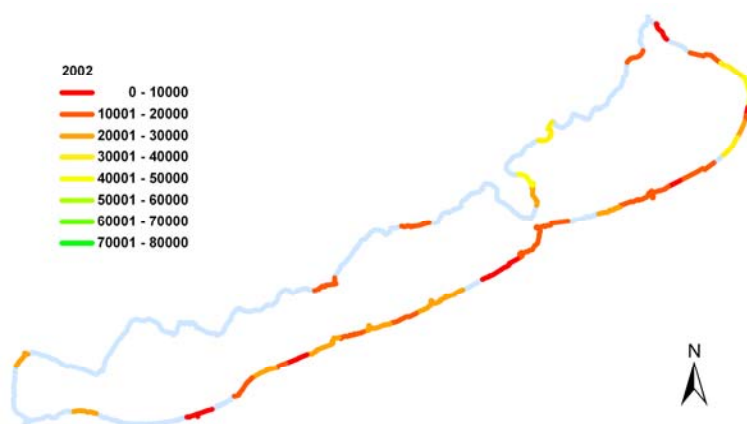


Figure 5: Estimated surface of underwater rocks in rip-rap covered shoreline in m², at spawning (April-June), 2002 (sections are defined by coordinates). Underwater rocky surface is under 690000 m².

6. ábra

A koordinátákkal rögzített kövezett partszakaszokhoz tartozó vizes kőfelület becsült nagysága 2006-ban. A vizes kőfelület kevesebb, mint 1 040 ezer m².

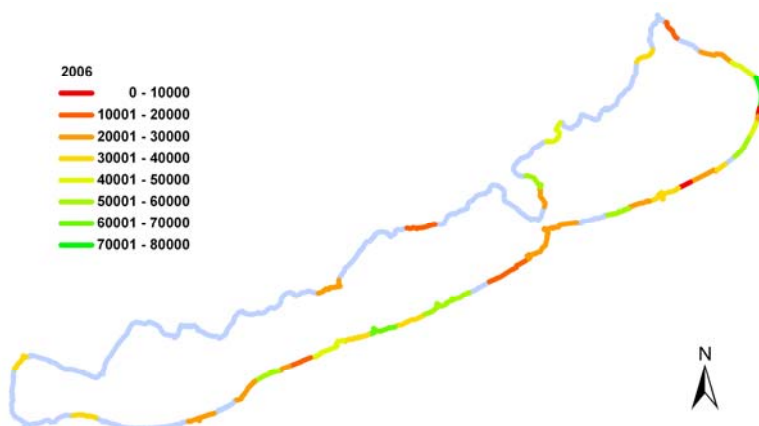


Figure 6: Estimated surface of underwater rocks in rip-rap covered shoreline in m², at spawning (April-June), 2006 (sections are defined by coordinates). Underwater rocky surface is under 1040000 m².

7. ábra

**Domináns halfajok előfordulási aránya az ívás idején
a mintavételi helyeken, 2006-ban.**

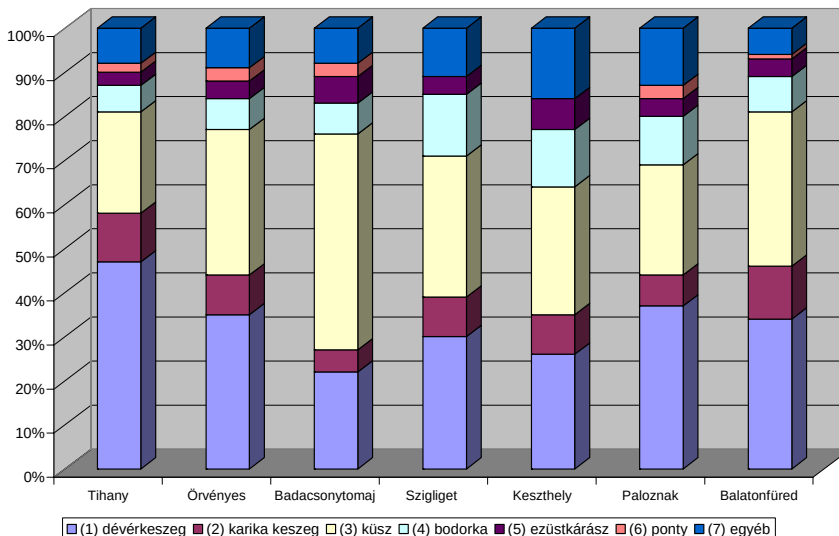


Figure 7: Abundance of dominant fish species at spawning in the sampling sites, in 2006.

Bream(1), White bream(2), Bleak (3), Roach(4), Prussian carp(5), Carp(6), Others(7)

A Szemesi- és a Szigligeti-medencében a déli part kövezése szintén 30 cm vízszintnél szünteti meg a köre ívás lehetőségét, míg az északi parton 0 cm-nél. A Keszthelyi-medencében a potenciális ívóhelyeken a déli parton 0 cm-nél, az északi parton becsléseink szerint -20 cm-nél fogy el a köves ívófelület.

A mintavételi helyeken talált legnagyobb fajlagos ikraszámokat 5-27000 m² vízborította szubsztrát felületeken találtuk. A szubsztrát felülete és a lerakott ikra mennyisége között a vizsgált mintavételi helyeken nem volt kimutatható összefüggés 2006-ban (8. ábra).

A 30 cm-nél alacsonyabb vízállás, a kevesebb mint 20%-ára (0,283 km²) zsugorodó ívófelület elsősorban a dévérkeszeg és a küsz sikeres ívását veszélyeztetheti. A kövezés előtti kemény aljzat, valamint a sekély boritottságú nádgyökérzet a déli parton részben képes pótolni a hiányzó felületet, az ikra termékenyülési és kelési veszteségével azonban ilyen mértékű vízszintcsökkenésnél mindenképpen számolni kell. Az északi parton a kőszórásos partok előtt, valamint a nádasok szegélyében gyakori lágy üledékkel borított vízfenékre az ikra nem tud megfelelően rögzülni, és a víz környezeti paraméterei (oldott oxigén, felkeveredés) sem kedveznek az ika kelésének. A -50 cm elméleti vízállás mellett a tó olymértékben szubsztráthiányossá válna, hogy ilyen száraz években veszélybe kerülne a vizsgált halfajok természetes utánpótlása, nagyságrenddel csökkenne az azévi korosztályba tartozó állományrészek létszáma.

Az ívófelületben különösen szegény, szubsztráthiányos időszakokban a Balatonba ömlő befolyók és a Kis-Balaton Vízműveségvédelmi Rendszer (KBVR) jelentős szerepet

tölthet be a természetes utánpótlását biztosításában. Ezekben a vizekben a part/vízfelület arány magas, a partszegélyben mozaikosan elhelyezkedve jelentős ívófelület áll rendelkezésre. Ezért fontos lenne a szabad átjárhatóság biztosítása az ívó halak számára a befolyók felé. Az ívóhelyek minősége és felülete megfelelő vízállás mellett sem biztosítja néhány faj számára (ponty, harcsa, balin) az ívás optimális feltételeit a Balatonban, ezeknek az ívásuk idején áramló vizeket kereső állományoknak feltehetően szintén növelné természetes utánpótlásuk nagyságát a Zala-KBVR, illetve más befolyók szabad átjárhatóságának biztosítása.

8. ábra

A fajlagos ikraszám, a vízzel borított szubsztrát felülete és a domináns fajok a Balaton egyes partszakaszain, 2006. IV. 19. és VI. 12. között

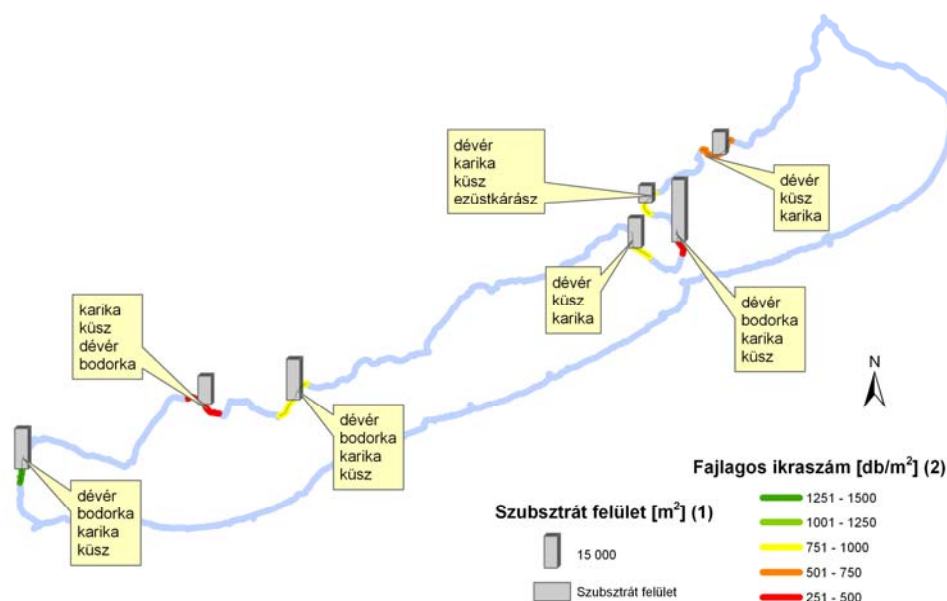


Figure 8: Specific egg numbers, area of underwater shoreline (potential substrate) and dominant fish species at spawning, between 04.19. and 06.12. in 2006

Area of underwater shoreline(1), Specific of spawn number(2), Bodorka – Roach, Dévér – Bream, Ezüstkárász – Prussian carp, Karika – White bream, Kűsz - Bleak

KÖVETKEZTETÉSEK

A keszegfélék fő szubsztrátjának felülete 30 cm vízállásnál olymértékben csökken, hogy az több szakaszon szárazra kerül. Halgazdálkodási szempontból az ennél alacsonyabb vízszint kritikusnak tekinthető. A szárazra került kövezés alatti, sekély vízzel borított lágy üledék ívó felületnek nem alkalmas, mert rajta a pontyfélék ragadós ikrája nem tud megtapadni, így a kora-embriónális szakaszban létfontosságú nyugalmi időszak nem jöhet létre. A fokozott hullámhatás következtében megnövekvő felkeveredés szintén

csökkenti az embrió érésének menetét, a nagy mennyiségű lebegőanyag gátolhatja az ikra megfelelő oxigénellátását.

Az ívóhelyek minősége és felülete normál vízállás mellett sem nyújt megfelelő szaporodási szubsztrátot néhány faj (harcsa, balin) állományfenntartó ívásához a Balatonban, ezek állományai inkább az áramló vizek, befolyók partszakaszait választják ívásukhoz. A Balatonba ömlő befolyók e fajok esetében – megfelelő vízminőség és mederviszonyok mellett – nagyobb szerepet játszhatnak a természetes utánpótlás biztosításában. Különösen fontos lenne a Zala–Kis-Balaton átjárhatóságának biztosítása e halak számára, ezzel hozzáférhetővé válna a Kis-Balaton hatalmas potenciális ívófelülete és az ivadék számára hasznosítható táplálékkészlete.

A balatoni halfauna szerkezetének és ökológiai állapotának rendszeres ellenőrző vizsgálatait (monitoring) célszerű oly módon megtervezni, hogy nyomon követhetők legyenek

- a fizikai-kémiai-hidromorfológiai és antropogén hatások következményei;
- az őshonos gyakori fajok állományainak korszerkezeti, mennyiségi változásai.

Ennek érdekében háromévenként standard módszerekkel ellenőrző vizsgálatokat célszerű végezni. E vizsgálatoknak ki kell terjedniük a Balaton legalább két szélső medencéjére, ezen belül a főbb élőhelytípusok ellenőrzésére, valamint esetenként a Balatonba ömlő befolyók torkolati vizeire. A vizsgálatok során reprodukálható módszerekkel halmintákat véve, vizsgálni kell a fajösszetételt, a gyakori fajok koreloszlását és biomasszáit, s az eredményeket korábbi referencia adatokkal összevetve értékelni kell. Itt érdemes felhívni a figyelmet a természetesvízi halászat állományszabályozó szerepére. A természetesvízi halászatot, annak állományszabályozó szerepe miatt, fenn kell tartani. A megfelelő, kíméletes módszerekkel végzett rendszeres, ésszerű halászattal az állományok biomasszája, korösszetétele szabályozható, mind a telepített, mind a természetes állományokban. A halászati tevékenység megszüntetésével a szelektív horgászat hatására a halállomány struktúrája eltorzul, a táplálékhálózat egymásra épülő elemei közötti egyensúly megbomlik, s ez az egész vízi ökológiai rendszer stabilitását veszélyezteti. Észak-európai példákat követve a fenti monitoring eredményei alapján meghatározhatók lennének az egyes állományokra a halászati kvóták, a halásztsákmány rendszeres elemzése pedig kiszélesítené a monitoring lehetőségeit.

Vizsgálatainkat 2007-ben a keszegfélék ívási körülményeinek korábban megkezdett vizsgálatával folytatjuk, de választ keresünk további kérdésekre is:

- Hogyan befolyásolja a mélyebb részeken ívó fogassüllő és a lebegő ikrát rakó pelágikus garda szaporodását a vízszint változása?
- Mennyiben növeli az ikra befulladásának kockázatát, ill. a kikelt lárva pusztulásának kockázatát a vízszint csökkenésével növekvő felkeveredés?
- Növeli-e az ikra pusztulásának kockázatát a köfelület ill. növényi szubsztrát helyett laza üledékre (iszapra) kerülés?
- Melyek a vízszint változására legérzékenyebb, ezért legveszélyeztetettebb fajok?

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetünket szeretnénk kifejezni Bódis Katalinnak a partfelmérés kapcsán nyújtott jelentős segítségnyújtásáért.

IRODALOM

- Bíró P. (2000). Changes in Lake Balaton and its fish populations. In: Rossiter, A., Kawanabe, H. (eds): *Biology of Ancient Lakes: Humans, Culture and Biodiversity*. Adv. Ecol. Res. 31. Academic Press : London. 599-613.
- Bíró P. (2002). A Balaton halállományának hosszúidejű változásai. *Állattani Közl.* 87. 63-77.
- Fekete, G., Molnár, Zs., Horváth, F. (Szerk.) (1997). Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer II. A magyarországi élőhelyek leírása, határozója és a Nemzeti Élőhely-osztályozási Rendszer. Magyar Természettudományi Múzeum : Budapest, 374.
- Paulovits G., Bíró P. (1991): Hydroacoustic studies on fish stock distribution in Lake Balaton. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 24. 2517-2518.
- Paulovits G., Tátrai I., Bíró P., Perényi M., Lakatos Gy. (1994): Fish stock structure in the littoral zone of Lake Balaton. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 25. 2162-2163.
- Specziár A., Tölg L., Bíró, P. (1997): Feeding strategy and growth of cyprinids in the littoral zone of Lake Balaton. *J. Fish. Biol.* 51. 1109-1124.
- Tátrai I., Paulovits G., Józsa V. (1999): Halállományok szabályozása a Balatonban: ragadozó – préda kapcsolat a parti övben. In: Salánki J., Padisák J.A. (szerk.) *Balaton Kutatásának 1998-as eredményei.*, MTA VEAB, ISSN 1419-1075, 88-92.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Paulovits Gábor
MTA Balatoni Limnológiai Kutatóintézet
8237 Tihany, Klebelsberg K. u. 3.
Tel.: 36-87-448-244, Fax: 36-87-448-006
e-mail: paulo@tres.blki.hu



Szimulációs modellek a sertéshústermelés prognosztizálására

Halas V., Babinszky L.

Kaposvári Egyetem, Takarmányozástani Tanszék, 7400 Kaposvár, Guba S. u. 40

ÖSSZEFOGLALÁS

A gazdasági haszonállatok teljesítményének modellezése a takarmányozás egy rendkívül dinamikusban fejlődő, új területe, melynek célja az állatok termelésének, növekedésének, vágáskori test-összetételének prognosztizálása a táplálóanyag felvétel alapján. A sertések teljesítményének becslése tervezhetőbbé, biztonságosabbá teszi a hústermelést, a modellek segítségével fokozható termelékenység. A cikk célja, hogy bemutassa a teljesítménymodellek típusait és azok használatának előnyeit, valamint egy konkrét modellen keresztül a modell kialakításának folyamatát. Az első modellek a táplálóanyag szükségleti értékek meghatározására voltak alkalmasak, a legújabb generációs teljesítmény modellek képesek a test összetételét a hizlalás bármely időpontjában megbecsülni (dinamikus modellek). Ezen modellek élettani és biokémiai törvényszerűségekre épülnek (mechanisztikus modellek), ezért becslési pontosságuk jobb, mint az empirikus (tapasztalati úton meghatározott) összefüggésekre alapozott korábbiaké. A szerzők egy ilyen új generációs dinamikus-mechanisztikus sertés modellt kívánnak bemutatni, mely a Kaposvári Egyetem és a Wageningeni Egyetem (Hollandia) együttműködésében készült. A kialakított modellel táplálóanyag felvétel alapján megbecsülhető a 20-105 kg élőtömegű növendék- és hízósertések testösszetétele. A modell követi a takarmány táplálóanyagainak szervezetben történő átalakulását az intermediér anyagszere fontosabb lépésein keresztül a fehérje és zsír beépüléséig. A kialakított modell újdonsága, hogy a test kémiai összetételén túl a kémiai összetétel anatómiai megoszlását (csont, izom, szervek, bőr) is képes megbecsülni, így pontosabb információt kapunk a vágott test minőségéről. A cikk további célja volt, hogy bemutassa a kialakított modell gyakorlati alkalmazását egy egy, és egy három fázisú takarmányozás szimulációjának összehasonlításával. Az eredmények azt mutatják, hogy a sertés növekedési modell a gyakorlatban a takarmányozási stratégiák kialakításával nagymértékben hozzájárulhat a gazdaságos sertéshizlaláshoz.
(Kulcsszavak: szimulációs modell, sertés, hústermelés, húsminőség)

ABSTRACT

Model simulation for pigs to predict meat production

V. Halas, L. Babinszky

University of Kaposvár, Department of Animal Nutrition, H-7400 Kaposvár, P.O.Box 16.

Modelling of growth in livestock is a new, quickly developing field in animal nutrition. Growth modelling provides a tool to predict the animal performance and the body composition at slaughter as a response to nutrient intake. Predictability is one of the prerequisites for achieving good and safe production and it increases the profitability of

meat production. The aim of the paper is to present the different types of growth models and to show their advantages, as well as to describe a particular model that was developed by the authors. The first models were appropriate to estimate the nutrient requirements, however, the new generation models are capable to predict the body composition at any time of the growing and fattening period (dynamic models). These recent models are based on physiological and biochemical laws therefore the accuracy of them is much better than those one's containing empirical equations (empirical models). The authors intend to introduce a dynamic-mechanistic model for pigs, that has been developed in collaboration within University of Kaposvár and Wageningen University (The Netherlands). The developed growth model predicts the body composition of growing and fattening pigs of 20-105 kg body weight from the nutrient intake. The model represents the partitioning of digestible nutrients from intake through intermediary metabolism to body protein and fat. The novelty of the model is that it predicts not only chemical but anatomical body composition (muscle, bone, viscera and hide), thus the quality of the empty body can be better characterised. A further aim of the paper is to show an application of the model comparing a one- and a three-phase-feeding system. The consequence of the results is that the growth model can be applied to develop feeding strategies to optimise pig production.

(Keywords: model simulation, pig, meat production, meat quality)

BEVEZETÉS

A sertések teljesítményének becslése a táplálóanyagfelvétel valamint az állatok jellemzői alapján nagymértékben hozzájárul a termelékenység fokozásához. Lehetőséget ad egy kívánatos eredmény elérésére, valamint a táplálóanyag szükségleti értékek meghatározására is. Így a termelés rugalmasabbá, biztonságosabbá tehető és kevesebb kockázattal jár, melyek alapján javítható a gazdaságosság. A növekedési vagy teljesítmény modellek komplex ismereteket feltételeznek a genetika, a fiziológia, a biokémia és a takarmányozás területén. Bár a teljesítmény modellek felállításához szükséges tudományterületek közül a takarmányozás csak egy rész tudomány, ennek ellenére a matematikai modellek kidolgozása alapvetően takarmányozás-kutatással foglalkozó szakemberek nevéhez fűződik. Ennek oka többek között az, hogy az állati eredetű termék előállítás költségének igen jelentős hányadát a takarmányozási költségek teszik ki, valamint az a tény, hogy a takarmányozás és a táplálóanyag ellátás színvonala nagymértékben meghatározza a termelés színvonalát és az állati termék minőségét. Az állatok fejlődésének, táplálóanyag igényének matematikai úton történő modellezésére már évtizedekkel ezelőtt történtek próbálkozások. Ez a tudományterület azonban csak az utóbbi két évtizedben kezdett látványosan fejlődni a számítástechnika rohamos fejlődése és a fiziológiai ismeretek gyarapodása révén. A ma használatos modellek kifejlesztéséhez és működéséhez komoly informatikai háttér szükséges, hiszen csak a nagy kapacitású számítógépek teszik lehetővé, hogy a bonyolult egyenletrendszerek megoldása gyorsan történjék, így a modell futása rövid időt vegyen igénybe.

A MODELLEK CSOPORTOSÍTÁSA

Az állati termék előállításban használt modellek több szempont szerint csoportosíthatók. Attól függően, hogy az adott biológiai rendszer állapotát egyetlen időpillanatban vagy egy egész időintervallumban akarjuk-e leírni *statikus* illetve *dinamikus* modellről beszélünk. Míg egy adott testtömegre vagy életkorra meghatározott táplálóanyag

szükségleti értéket statikus modellel írhatunk le, addig a dinamikus modellek alkalmasak például a hizlalás különböző szakaszaiban egy adott állat teljesítményének a bemutatására, illetve a kiválasztott időpontban várható hozam előrejelzésére (pl. a beépített fehérje és zsír mennyiségének becslésére).

Az első modellek felállításakor tapasztalati úton, megfigyelések alapján állapították meg a különböző változók közötti matematikai függvénykapcsolatokat. Az ily módon kialakított modelleket *empirikus* modelleknek nevezzük. Az empirikus modellek hibájaként kell megemlíteni, hogy a modell a környezetnek már kis mértékű megváltozása esetén sem ad valós képet az adott rendszerről a becsült tulajdonságokra vonatkozóan. Ezt a hiányosságot a *mechanisztikus* modellek kiküszöbölik, mivel ezeket biológiai és biokémiai törvények figyelembevételével alakították ki. A mechanisztikus modellek kifejlesztése részletességük miatt nagy adatbázist igényelnek. A fejlesztés folyamata hosszadalmas és emiatt még kevésbé terjedtek el a gyakorlatban. Mivel egymásba fűződő logikai kapcsolatok láncolataként épülnek fel, ezért lehetőséget adnak a növekedési folyamatokról meglévő ismereteink rendszerezésére, s a hiányosságok felismerésére (Gill et al., 1989). Ezen modelleket egyelőre főként a kutatásban és fejlesztőmunkában illetve az oktatásban használják. A mechanisztikus modellek természetüknél fogva rugalmasak, széles táplálóanyag felvételi értékek esetén is jól mutatják az állat választát (növekedését), míg az empirikus modellek a táplálóanyag ellátás szűkebb skáláján mutatnak csak pontos eredményt (Close, 1996).

A NÖVEKEDÉSI MODELLEK ALKALMAZÁSI TERÜLETEI

A matematikai modellek alkalmasak arra, hogy megbecsüljük az állatok növekedésének ütemét és teljesítményét, akár tág testtömeg határok között is. Ezen túlmenően azonban minőségi becslést is tehetünk abban az esetben, ha a test zsír tartalmát vagy a fehérje/zsír arányát, mint kvalitatív tényezőt is figyelembe vesszük a számításoknál. Az első modellek az állat táplálóanyag szükségleti értékeinek megadását tették lehetővé. Ezen értékeket még most is hasonló statikus modellek alapján számolják egy adott genotípusra, ivarra, korcsoportra vonatkozóan. Statikus modellek segítségével állapíthatjuk meg az egyes takarmányozási fázisokban etetett abrakkeverékek optimális táplálóanyag tartalmát, mely a maximális növekedés vagy fehérjebeépítés eléréséhez szükséges. Mivel a modellek tartalmazzák az állat táplálóanyag igényét, ezért segítségükkel az állomány számára legmegfelelőbb takarmányozási stratégiát alakíthatjuk ki és elvégezhetjük ezen takarmányozási módszerek (rendszerek) ökonomiai elemzését is. Az állatok szükségletének pontos kielégítésével a környezet nitrogén és foszfor terhelése nagymértékben csökkenthető. A modellek segítséget nyújthatnak egy farm termelési színvonalának az állatok genetikai potenciáljával való összehasonlításához is. Az esetleges lemaradás jelzi a termelő számára, hogy a környezeti tényezőket lehetőség szerint módosítani kell a termelés javítása érdekében. A modellek segíthetnek a takarmánygyártóknak olyan új takarmány vagy új takarmányozási rendszer kialakításában, mely az állatok igényét a korábbiaknál jobban kielégíti. Ma már néhány takarmánygyártó cég alkalmazza a különböző növekedési modelleket illetve támogat olyan kutatási programokat, melyek célja ezen modellek kifejlesztése a termelés prognosztizálása a jobb minőségű és olcsóbb állati termék előállítására érdekében. Végül, de nem utolsó sorban az oktatásban is fontos szerep jut a növekedési modelleknek, hiszen alkalmasak a takarmányozás, a táplálóanyag ellátás és a receptúra készítés alapelveinek demonstrálására.

EGY NÖVEKEDÉSI MODELL BEMUTATÁSA

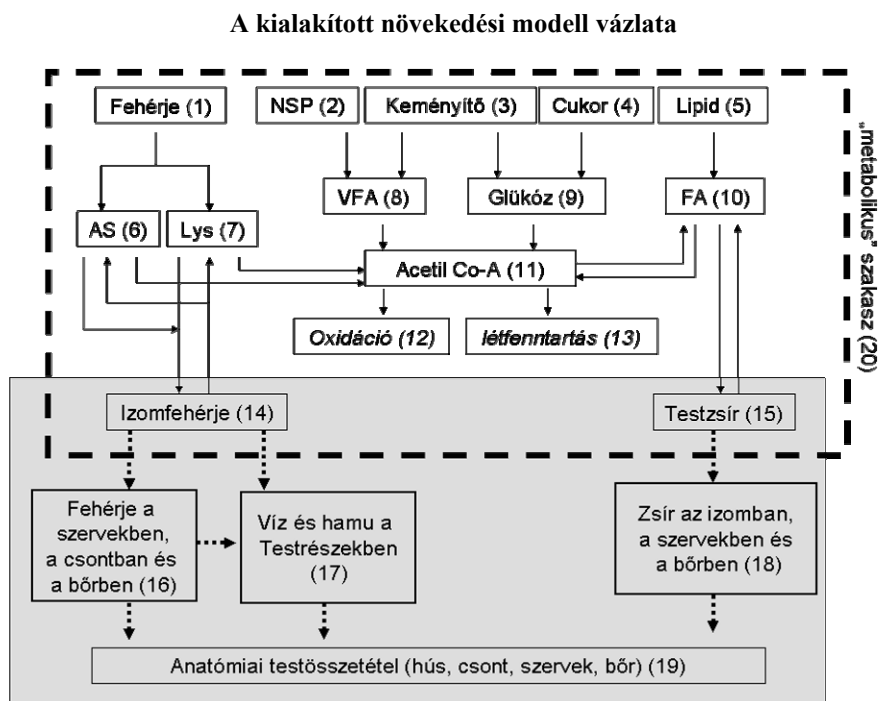
A Kaposvári Egyetem Takarmányozástani Tanszékének és a Wageningeni Egyetem Takarmányozási Csoportjának közös munkája során olyan dinamikus-mechanisztikus modellt alakítottunk ki, mellyel megbecsülhető a 20-105 kg élőtömegű növedék- és hizósértések teljesítménye (Halas és mtsai., 2004a). A kialakított modell alkalmas a gyarapodás valamint a kémiai és anatómiai testösszetétel becslésére az állat táplálóanyag felvétele alapján. A modell követi a táplálóanyagok eloszlását a takarmányfelvételtől az intermediér anyagcserén keresztül a fehérje és zsír szintézisig (1. ábra). A modellben a szervezet meghatározó metabolitjait poolokba soroltuk, ezen poolok egymással kapcsolatban állnak. Az anyagcsere eredményeként deponálódó fehérje és zsír ezen metabolit-poolok "irányítása" alatt áll. A modell állapotváltozói: lizin, acetyl-CoA, glükóz, rövid szénláncú zsírsavak, hosszú szénláncú zsírsavak, fehérje az izomban, a szervekben, a csontokban és a bőrben valamint a testzsír. A modell kialakítása során feltételeztük, hogy a metabolitok egymásba való átalakulása Michaelis-Menten féle telítődési görbével írható le és hogy a reakciók sebessége a metabolit koncentrációtól függ. Az anatómiai testösszetételt a kémiai összetételből származtattuk (1. ábra). A fehérje, a zsír, a víz és a hamu eloszlásának leírására az izom, a szervek, a csontok és a bőrben hatvány függvényeket használtunk. Az egyenletek független változója a fehérjék esetében az izomfehérje (meghatározza a fehérjebeépülést a szervekben, a csontokban és a bőrben), a zsír esetében pedig a testzsír volt. A víz és a hamu a fehérjéhez kötötten található a szervezetben, ezért a fehérjebeépülés meghatározza a víz és a hamu beépülését is az adott frakcióban.

A metabolitok átalakulásának egyenletei olyan paramétereket tartalmaznak, melyek vagy kísérleti adatokból számoltunk, vagy melyeket kísérleti adatokhoz kalibráltunk. A Michaelis-Menten egyenletben lévő maximális reakciósebességet egy adott folyamatban (pl. lizin oxidáció, fehérje szintézis) meglévő kísérleti adatok alapján számoltuk ki, de bizonyos esetekben feltételezésekre alapoztunk. Más paraméterek, mint az affinitási és inhibitor konstanst vagy a meredekségi determináns, modell kalibrációval határoztuk meg úgy, hogy a modell outputja illeszkedjen a meglévő kísérleti adathalmazra. A modell kalibráció alapadatai olyan kísérletekből származtak, melyekben a vizsgálatok végén az egyedileg tartott sertések testének összetételét testrészenként határozták meg. Két kísérletsorozat adatait használtuk fel a modell kifejlesztése során. Az egyikben 95 növedéksertést (20-45 kg) állítottak be, melyek különböző lizin felvételben részesültek két energia felvételi szinten. A másik kísérletet 100 növedék és hizósértés (20-105 kg) bevonásával végezték, melyek különböző energiaellátásban részesültek. A modell differenciálegyenleteit adott kezdő feltételekkel és paraméterértékekkel oldottuk meg. Az integrációs intervallum 0.01 nap volt, melyhez negyedrendű állandó lépéstávolságú Runge-Kutta algoritmust használtunk. A kalibrációt az izomfehérje és a testzsír beépülés mértéke alapján végeztük különböző testsúly kategóriákban valamint a teljes hizlalási időszakban. A modell outputját minden egyes paraméter kombinációnál összevetettük az *in vivo* vizsgálatok eredményeivel. A modell eredményei alapján megállapítható, hogy az nem érzékeny a kezdeti körülmények (metabolit koncentrációk) kis mértékű változtatására, valamint kisebb integrációs intervallumra.

A modell ellenőrzése két részből állt. A szenzitivitás vizsgálat során a modell válaszát vizsgáltuk bizonyos paraméterek és a táplálóanyag felvétel megváltoztatása esetén (Halas és mtsai., 2004b). Ennek eredménye elvárásainknak megfelelt. A modell különösen érzékeny volt a létfenntartó energiaszükséglet és az lizin pool néhány paraméterének változtatására, azonban kevésbé volt érzékeny azon paraméterekre,

melyek az energia metabolismus egyenleteiben szerepelnek. Ennek oka valószínűleg, hogy a fehérje és/vagy lizin limitáló tényező volt a szimuláció során.

1. ábra



AS – aminosavak, Lys – lizin, NSP – nem keményítő szerű poliszacharidok, FA – zsírsavak

Figure 1: Flow chart of the growth model

Protein(1), Non-starch polysacharides(2), Starch(3), Sugar(4), Lipid(5), Amino acids(6), Lysine(7), Volatile fatty acids(8), Glucose(9), Fatty acids(10), Acetyl Co-A equivalents(11), Oxidation(12), Maintenance(13), Muscle protein(14), Body fat(15), Protein in viscera, bone and hide(16), Water in the body parts(17), Fat in muscle, viscera and hide(18), Anatomical body composition (muscle, bone, viscera, hide)(19)

A modell további ellenőrzését független adathalmazzal végeztük (Halas és mtsai, 2004b). Ehhez 4 kísérlet adatait használtuk, melyek összesen 90 egyedileg tartott állat teljesítményét tartalmazták. Általánosan megállapítható, hogy a modell megfelelő kvalitatív becslést ad széles spektrumú táplálóanyag felvétel esetén is. A becsült kémiai és anatómiai testösszetétel, valamint a fehérje és a zsír eloszlása a testben kielégítő eredményeket mutatott, a mért és becsült értékek $y = x$ egyenestől való eltérésekből adódó hiba 5% körüli, vagy az alatti értéket mutatott a legtöbb esetben. Eredményeink alapján elmondható, hogy a mért és becsült értékek közötti különbségek fő oka főleg a genotípusok különbségével magyarázható, bizonyos esetekben pedig a környezeti hatások is felelősek lehetnek a modell és a kísérlet eredményének különbözőségéért.

A KIALAKÍTOTT MODELL GYAKORLATI ALKALMAZÁSA

A szimulációs modell segítségével számos takarmány hatását vizsgálhatjuk, illetve a takarmányváltások időpontját is megválaszthatjuk. A vágáskori testösszetételt döntő részben a hizlalás alatt etetett takarmány(ok) összetétele, táplálóanyag tartalma határozza meg. A többfázisú takarmányozás lényege, hogy az állat igényét a lehető legpontosabban elégítsük ki, és ennek eredményeképpen maximális növekedést érjünk el. Az egyes takarmányozási fázisok hossza illetve száma a növekedési modell több szimulációjának összehasonlítása és ökonómiai számítások elvégzése után már viszonylag könnyen eldönthető.

A szimulációk segítségével meghatározhatjuk azt a takarmányozási stratégiát is, amely vágáskor a számunkra legkedvezőbb testösszetételt biztosítja. Az 1. táblázat egy 1 és egy 3 fázisú takarmányozás szimulációjának eredményét mutatja. A test összetételében mutatkozó különbségek könnyebb összehasonlíthatósága érdekében a példában szereplő szimuláció során a két takarmányozási rendszert úgy állítottuk be, hogy az állatok átlagos nap súlygyarapodása közel azonos legyen. A több fázisú hizlalásnál az egyes szakaszokban etetett takarmányok táplálóanyag tartalma az állatok különböző növekedési ütemének igényeihez igazodnak. A szimuláció eredményeképp az is látható, hogy gyarapodás összetétele, a fehérje- és zsír depozíció is eltérő lesz az egyes fázisokban. Ha a hizlalási időszak alatt végig ugyanazt a takarmányt etetnénk, akkor annak táplálóanyag tartalmát a 30-95 kg közötti átlagsúly igényeihez kell igazítanunk. Ebben az esetben a hizlalás elején a takarmány a szükségletekhez képest kevesebb lizint és energiát tartalmaz, így 30-50 kg között kisebb fehérje és nagyobb zsírbeépüléssel kell számolnunk. A hizlalás végén ugyanakkor az átlagsúlyra megadott takarmány táplálóanyag tartalma feleslegben lenne a 70-95 kg élősúlyú sertések számára, minek következtében a zsírbeépülés ebben a szakaszban a napi 170 g-ot jóval meghaladná. Ha összehasonlítjuk az 1 és a 3 fázisú takarmányozás szimulációjának eredményét, látható, hogy a 30-95 kg közötti hizlalás során azok a sertések, melyek végig ugyanazt a takarmányt fogyasztották kisebb napi fehérje- és nagyobb napi zsírbeépítést produkáltak. A hizlalási idő alatt ez mintegy 0,3 kg-mal kevesebb fehérjét és 1 kg-mal több zsírt eredményezett a vágott testben, mint a 3 fázisos takarmányozásban részesült sertések esetében.

A legújabb generációs modellek nem csak a test kémiai összetételét képesek becsülni, hanem a fehérje és zsír lokális eloszlását is, azaz a testbe hol és milyen mértékű a fehérje- és zsírdepozíció (Lizardo és mtsai., 2002; Halas és mtsai., 2004a). Ez lehetővé teszi a húsmínőség becslését, ha a hús zsír tartalmát vagy a hús fehérje/zsír arányát, mint kvalitatív tényezőt is figyelembe vesszük. Az általunk kialakított modell szimulációiban információt kapunk a hizlalás során naponta a testbe illetve a különböző testrészekbe (izom, csont, szervek, bőr és szalonna) épült fehérje és zsír mennyiségről, azon egyéb teljesítményt becslő paraméterek mellett, melyeket más növekedési modellek ugyancsak tartalmaznak. A napi zsírbeépülés megoszlásának becslése magában hordja azt a lehetőséget, hogy a hizlalás alatt változtassunk a takarmányozási stratégián annak érdekében, hogy az éppen aktuális piaci igényeknek megfelelő minőségben termeljünk. Az idevonatkozó vizsgálatok ugyanis arra hívják fel a figyelmet, hogy a közeljövőben egyre nagyobb fontossággal bír majd a sertéstarték zsírtartalmán túl az is, hogy a zsír mely testrészekben deponálódik. A hús, és főként az értékes húsrészek minősége és kémiai összetétele nagymértékben befolyásolja a termék iránti keresletet és nem utolsósorban az árat. A test zsírtartalmának változtatása különösen a hizlalás második felében bír nagy jelentőséggel, hiszen a 60-70 kg élősúly után a zsírbeépülés válik dominánssá a sertés szervezetében. Ebben az időszakban lehet tehát leginkább befolyásolni a vágáskori test zsírtartalmát valamint a hús zsír/fehérje arányát, melyet a növekedési modell alkalmazásával tervezhetőbbé tehetünk.

1. táblázat

**Az egy és több fázisú takarmányozás modell szimulációja
30-95 kg élőtömegű sertésekre**

	Egy fázisú takarmányozás (1)	Több fázisú takarmányozás (2)			Átlag(4)
	30-95 kg	30-50 kg	50-70 kg	70-95 kg	30-95 kg
Súlygyarapodás (g/nap) (5)	800	700	825	900	810
DE a takarmányban (MJ/kg) (6)	13,5	14,0	13,6	13,2	-
Lizin a takarmányban (g/kg) (7)	11,1	12,5	11,8	10,0	-
Takarmány felvétel (kg/nap) (8)	2,05	1,53	1,92	2,63	-
DE felvétel (MJ/nap) (9)	26,4	20,4	24,9	30,2	-
Lizin felvétel (g/nap) (10)	21,7	18,7	21,8	22,8	-
Lizin/DE (g/MJ) (11)	0,82	0,92	0,87	0,75	-
Hízalási napok száma (12)	82	29	24	28	81
Fehérje depozíció (g/nap) (13)	143	130	154	161	148
Zsír depozíció (g/nap) (14)	138	95	117	170	127
Tak. értékesítés (kg/kg) (15)	2,57	2,26	2,40	2,92	2,53
Összes fehérje depozíció (kg) (16)	11,7				12,0
Összes zsírdépozíció (kg) (17)	11,3				10,3

Table 1: Model simulation of a one- and three-phase-feeding system for pigs of 30-90 kg body weight

One phase feeding system(1), Three-phase-feeding system(2), Body weight ranges(3), Mean(4), Average daily gain (g/day)(5), DE content of the diet (MJ/kg)(6), Lysine content of the diet (g/kg)(7), Daily feed intake (kg/day)(8), DE intake (MJ/day)(9), Lysine intake (g/day)(10), Lysine/DE ratio (g/MJ)(11), Days to slaughter(12), Protein deposition (g/day)(13), Fat deposition (g/day)(14), Feed conversion ratio (kg/kg)(15), Total protein deposition (kg)(16), Total fat deposition (kg)(17)

Ma már az USA-ban, Kanadában, sőt az Európai Unió néhány országában is (pl. Hollandia, Dánia) a farm manager programok, melyeknek fontos része a növekedési modell, a sertéstelepek irányításában nélkülözhetetlenek. Segítségükkel a sertéshús előállítás biztonságosabbá és tervezhetőbbé tehető, és így a lehetővé válik a telepek számára a hosszú távú gazdaságos termelés.

IRODALOMJEGYZÉK

- Close, W.H. (1996). Modelling the growing pig: predicting nutrient needs and responses. In: T.P. Lyons, K.A. Jacques (Szerk.) Proc. Alltech's 12th Animal Symposium on Biotechnology in Feed Industry. Nottingham : University Press. 289-297.
- Gill, M., Beever, D.E., France, J. (1989). Biochemical bases needed for the mathematical representation of whole animal metabolism. Nutr. Res. Rev. 2. 181-200.
- Halas, V., Dijkstra, J., Babinszky, L., Versegen, M.W.A., Gerrits, W.J.J. (2004). Modelling of nutrient partitioning in growing pigs to predict their anatomical body composition: 1. Model description. Br. J. Nutr., 92. 707-723.

- Halas, V., Dijkstra, J., Babinszky, L., Versegen, M.W.A., Gerrits, W.J.J. (2004). Modelling of nutrient partitioning in growing pigs to predict their anatomical body composition: 2. Model evaluation. *Br. J. Nutr.*, 92. 725-734.
- Lizardo, R., van Milgen, J., Mouro, J., Noblet, J., Bonneau, M. (2002). A nutritional model of fatty acid composition in the growing-finishing pigs. *Livest. Prod. Sci.*, 75. 167-182.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Halas Veronika

Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar

Takarmányozástani Tanszék

7401, Kaposvár, Pf. 16.

University of Kaposvár, Faculty of Animal Science

Department of Animal Nutrition

H-7401, Kaposvár, POB 16.

Tel.: 36-82-412-285, fax: 36-82-313-562

e-mail: halas@mail.atk.u-kaposvar.hu



Reprodukció-gátlás vizuális értékelése ökotoxikológiai tesztekben

Kováts¹ N., Császár² G., Borbély³ G., Refaey¹ M.

¹Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Környezetmérnöki és Kémiai Technológia Intézeti Tanszék, 8200 Veszprém Egyetem u. 10

²Pannon Egyetem, Műszaki Informatikai Kar, Képfeldolgozás és Neuroszámítógépek Tanszék, 8200 Veszprém Egyetem u. 10

³Pannon Egyetem, Műszaki Informatikai Kar, Műszaki Kémiai Kutató Intézet, 8200 Veszprém Egyetem u. 10

ÖSSZEFOGLALÁS

Az ökotoxikológiai gyakorlatban elterjedten alkalmazott, Magyarországon jelenleg előkészületben levő szabványként ismert teszt a Lemna minor (kis békalencse) reprodukció gátlásán alapszik (ISO/FDIS 20079: Water quality - Determination of the toxic effect of water constituents and waste water on duckweed (Lemna minor) - Duckweed growth inhibition test). A reprodukció mérésére a rendelkezésre álló protokollok a következő mérhető paramétereket említik: levélkeszám, száraz ill. nedves tömeg, valamint felület. A Pannon Egyetem Képfeldolgozás és Neuroszámítógépek Tanszékén kifejlesztett Duckweed Detector a levélfelület automatizált mérését végzi el, megkülönböztetve az élő (egészséges), ill. az elpusztult (valamilyen toxikus hatás miatt klorózist/nekrózist szenvedett) leveleket. (Kulcsszavak: Lemna minor, reprodukció-gátlás, felületmérés, vizuális értékelés)

ABSTRACT

Visual assessment of growth inhibition in ecotoxicological tests

N. ¹Kováts, G. ²Császár, G. ³Borbély, M. ¹Refaey

¹Univ. of Pannonia, Faculty of Engineering, Dept. of Environmental Engineering and Chemical Technology, H-8200 Veszprém, P.O.Box 158

²Univ. of Pannonia, Faculty of Information Technology, Dept. of Image Processing and Neurocomputing
8200 Veszprém P.O.Box 158, Hungary

³Univ. of Pannonia, Faculty of Information Technology, Research Institute of Chemical and Process Engineering
8200 Veszprém P.O.Box 158, Hungary

The Lemna minor growth inhibition test is widely used in ecotoxicology, the standard is to be introduced in Hungary (ISO/FDIS 20079: Water quality - Determination of the toxic effect of water constituents and waste water on duckweed (Lemna minor) - Duckweed growth inhibition test. According to available test protocols, growth can be assessed on the basis of frond number, wet weight and total frond surface. The Duckweed Detector developed at the Department of Image Processing and Neurocomputing of the University of Pannonia carries out surface measurements automatically, distinguishing between healthy and dead (chlorotic/necrotic) fronds. (Keywords: Lemna minor, growth inhibition, surface measurement, visual assessment)

BEVEZETÉS

Az ökotoxikológiai gyakorlatban elterjedten alkalmazott, Magyarországon jelenleg előkészületben levő szabványként ismert teszt a *Lemna minor* (kis békalencse) reprodukció gátlásán alapszik (ISO/FDIS 20079: Water quality - Determination of the

toxic effect of water constituents and waste water on duckweed (*Lemna minor*) - Duckweed growth inhibition test).

A kis békalencse gyakorlatilag az egész Földön elterjedt, a víz felszínén úszó edényes növény. Könnyű begyűjteni, és könnyű a laboratóriumban tartani. Ennek eredményeként a békalencsével végzett toxicitás-bebecslés gyakorlatilag a legolcsóbban elvégezhető ökotoxikológiai teszt. Nemcsak ebben rejlik a jelentősége: mivel az ökotoxikológiában nagyon kevés olyan tesztszervezetet alkalmazunk, amely a magasabbrendű növények közé tartozna, a békalencse egy fontos taxonómiai csoportot reprezentál (Suter, 1993).

Jellemzője, hogy ivartalanul szaporodik: a növény új leveleket hoz, amelyeknek saját gyökere fejlődik (1. ábra). Az új levelek előbb-utóbb leválnak az anyanövényről és önálló egyedként kezdenek el funkcionálni. A szaporodási sebesség általában nagy, néhány *Lemna* faj leveleinek duplázódási ideje 0,35-2,8 nap között van (Wang, 1990).

1. ábra

Új levélke képződése

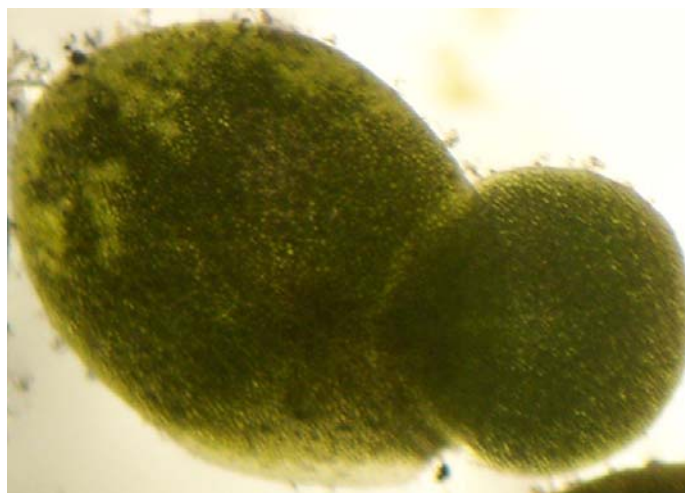


Figure 1: Development of a new frond

A teszt során a növénynek épp ezt a jellemzőjét használjuk ki: azt mérjük, hogy valamilyen feltehetőleg toxikus közegben a kontrollhoz képest hogyan csökken a növekedés mértéke, azaz a vizsgált komponens milyen gátló hatással bír a növekedésre. Az alkalmazott expozíciós idő hét nap.

A növekedés mértékének számszerűsítésére a leggyakoribb mért paraméter a levélkészám, de gyakran meghatározzák a biomaszára, levél-átmérőre, gyökérhosszra és a klorofill-a-ra gyakorolt hatásokat is. A kalkulált paraméterek az ökotoxikológiai gyakorlatnak megfelelően EC₅₀, NOEC vagy LOEC formájában adhatók meg. (EC₅₀: ún. féltétális koncentráció, amely 50%-os hatást, jelen esetben 50%-os növekedésgátlást vált ki. NOEC: No Observed Effect Concentration, azaz az a koncentráció, amely még nem vált ki észlelhető hatást. LOEC: Lowest Observed Effect Concentration, azaz az a legkisebb koncentráció, ahol már megfigyelhető/mérhető hatás lép fel.)

Az OECD szabvány (OECD, 2002), ill. a jelenleg hazánkban előkészületben levő ISO szabvány (ISO/FDIS 20079) a következő mérhető paramétereket említi: levélkeszám, száraz ill. nedves tömeg, valamint felület. A száraz tömeg mérése során sérülhetnek a levélkék. A nedves tömeg mérése azért nehézkes, mert nagyfokú mérési hibát rejt magában, hiszen a víz tömegét is hozzászámítjuk a levélkék tömegéhez. A levélkeszám megszámlálása bár nem igényel külön képzettséget, de itt is jelentkezhet egyfajta mérési hiba: olykor nem is olyan egyszerű eldönteni, pontosan mit is tekintünk új levélkének, hiszen egy frissen képződő levélke kezdetben csak egy dudorként jelenik meg. Ezek a mérési hibák az eredmények esetleges pontatlansága mellett azt is eredményezik, hogy az ökotoxikológiai teszteknek egy fontos minőségbiztosítási komponense, nevezetesen a reprodukálhatóság (USEPA, 1997), nem teljesül. A nedves súly mérését ill. a képződött új levélkék számának értékelését ugyanazon személy kell hogy végezze, kiküszöbölve az eltérő manuális technikából vagy rutinból eredő eltéréseket. (A nedves súly mérése tapasztalatunk szerint ráadásul azért sem megfelelő technika, mert esetenként sérülhetnek maguk a tesztorganizmusok, vagy fertőzést vihetünk a tesztpopulációba.)

Harmadik lehetőség a felület mérése, erre a szabvány "manuális" valamint digitális technikákat javasol.

Elsődleges célunk olyan vizuális módszer kidolgozása volt, amelynek segítségével a reprodukció mérése könnyen kivitelezhető, automatizálható és a mérési hibák kiküszöbölhetők. Kiindulási pontunk a felület volt, azaz a békalencse összfelületének a mérése. Ehhez fontos tudnunk, hogy az egyes levélkék mindig a víz felszínén helyezkednek el, nem fordulnak el, és egymást nem takarják.

A NÖVEKEDÉS-GÁTLÁS SZOFTVERREL SEGÍTETT VIZUÁLIS ÉRTÉKELÉSE

Ismertek olyan képelemző szoftverek, amelyek a növekedés-gátlást a felület mérésén keresztül számítják és így a *Lemna* teszt szabvány szerinti kiértékelésére alkalmasak (Eberius, 2001). A Pannon Egyetem Képfeldolgozás és Neuroszámítógépek Tanszékén került kifejlesztésre a Duckweed Detector (DwD) v0.1/v.02 szoftver, amely a felület vizuális becslését végzi. A program megadja mind az élő, mind a halott levélkék által fedett terület teljes vizsgálati területhez viszonyított százalékos arányát (2. ábra).

Az eljárás algoritmusa a következő:

1. A békalencse-tenyészetet alulról fehér fénnel megvilágítjuk, majd felülről lefényképezzük.
2. A képet színekre bontjuk. A kiértékeléshez célszerűen a piros vagy a kék sávot vizsgáljuk. (A háttérfény fehér, tehát tartalmaz kék, zöld, és vörös komponenst is. Ez azért fontos, mert a kamera CCD-je ezt a három sávot méri a színes kép előállításához. Ahol a fény (majdnem) akadály nélkül jut a kamerába (üvegen, a folyadékon vagy az elpusztult levélen keresztül), ott mindegyik sávból jut át valamennyi fény mennyiség. A sötétzöld részekben viszont csak némi zöld fény jut át.)
3. Az elkészült képet Load paranccsal töltjük be. JPEG, BMP, TIF és még pár jól ismert formátumot olvas.
4. Kijelöljük a vizsgálati területet. A DwD módot ad arra, hogy egy célkereszt mozgásával mi jelöljük ki a vizsgált terület közepét, majd ehhez a kör sugarát a pixelek számának megadásával határozhatjuk meg.
5. Beállítjuk az érzékenységet, tehát definiáljuk az élő és az elpusztult levélkékhez tartozó vágási küszöböt. Ezzel azt adjuk meg, melyek azok a képpontok, amelyek elég sötétek (a kék csatornában), ezeket tekintjük élőnek (Algorithm parameters).

6. Megkapjuk az élő, illetve az elpusztult levélkéek által borított terület nagyságát a vizsgálati terület százalékában.

2. ábra

A DwD v.02 képernyőképe

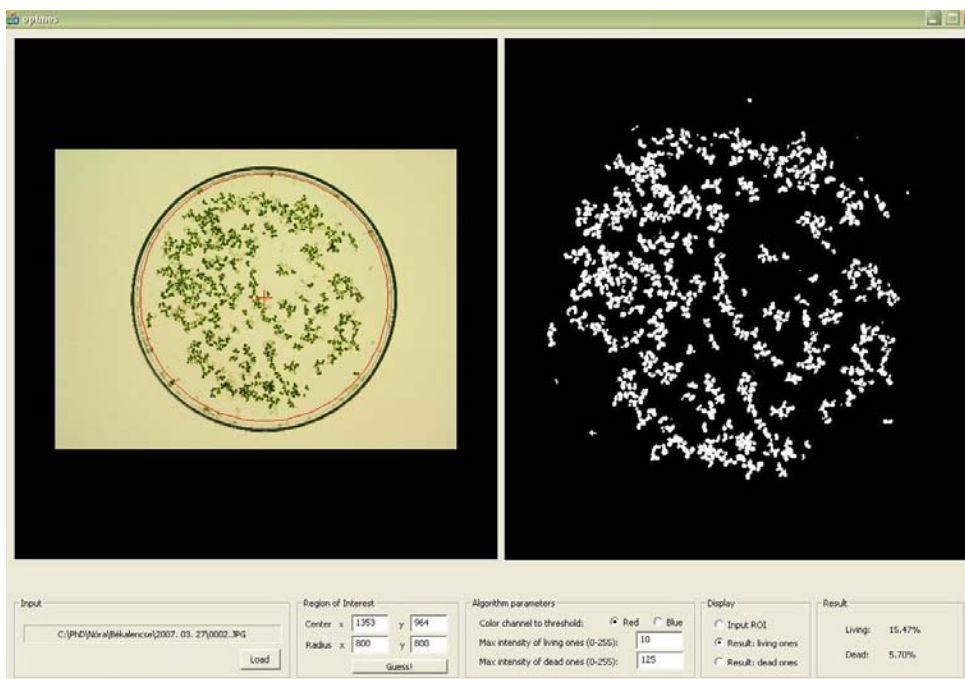


Figure 2: Screen view of Duckweed Detector v.02

A kalibrálás során arra törekedtünk, hogy azt a színintenzitást beállítsuk, amely mellett a levélkéek egyértelműen megkülönböztethetők a háttértől (élő levélkéekhez tartozó vágási küszöb), ill. amely mellett az élő és elpusztult (klorotikus/nekrotikus) levelek megkülönböztethetők (elpusztult levelekhez tartozó vágási küszöb). Az élő levelekhez tartozó vágási küszöb beállítása során a következőképpen jártunk el: az egyes intenzitás értékekhez hozzárendeltük az adott intenzitás mellett élőknek számított területarányt. Az intenzitás megnövelése 15-ről 30-ra a kirajzolt terület 9,7%-os növekedését eredményezte. A következő ugrás során (az intenzitást 30-ról 40-re növeltük) a különbség már csak 4,88% volt, amely alatta maradt a célul kitűzött 5%-os hibahatárnak. Ennek eredményeképpen a beállított vágási küszöb értéke 30. Hasonló mechanizmust követtünk az elpusztult levelekhez tartozó vágási küszöb (intenzitás) beállítása során.

KÖVETKEZTETÉSEK

A szabvány *Lemna* teszt kiértékelésén kívül az eljárás/szoftver alkalmazható (a beállítások módosításával) általában növényfelületek/növényborítottság értékelésére. Másik jelentős alkalmazási terület egy gyakori bioindikációs vizsgálat, a levélnekrozis

értékelése. A nekrotikus foltok a szövet elhalásával jönnek létre, színük adott növénytaxontól függ, de mindenképpen jelentősen eltér a levél eredeti színétől.

Az automatizált mérési módszerek az ökotoxikológiai vizsgálatokban nemcsak megkönnyítik a munkát, de az emberi hiba kiküszöbölésével a tesztek minőségbiztosíthatóságát is javítják.

IRODALOM

- Eberius, M. (2001). Observation Parameters of the Duckweed Growth Inhibition Test: Frond Number – Total Frond Area – Dry Weight.
<http://www.lemnatec.de/Literatur/LT001.pdf>
- ISO/FDIS 20079: Water quality - Determination of the toxic effect of water constituents and waste water on duckweed (*Lemna minor*) - Duckweed growth inhibition test
- OECD (2002). OECD Guidelines for the Testing of Chemicals: *Lemna* sp. Growth Inhibition Test, Draft Guideline 221.
- Suter, G.W. (1993). Ecological Risk Assessment. Lewis Publishers, Chelsea, 538.
- USEPA (1997). Superfund Program Representative Sampling Guidance. 3. Biological. Draft.
- Wang W. (1990). Literature review on duckweed toxicity testing. Environmental Res., 52. 7-22.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Kováts Nóra

Pannon Egyetem

Környezetmérnöki és Kémiai Technológia Intézeti Tanszék

8200 Veszprém Pf. 158.

University of Pannonia, Faculty of Engineering,

Department of Environmental Engineering and Chemical Technology

H-8200 Veszprém, P.O.Box 158

Tel.: 36-88-624-655, Fax: 36-88-624-533

e-mail: kovats@almos.vein.hu



Zselicségi gímszarvasok kondíciójának, testnagyságának és parazitáinak vizsgálata a 2006/07 vadászdínyben

Sugár¹ L., Kovács¹ Sz., Varga² Gy., Barna³ R.

¹Kaposvári Egyetem ÁTK, Baromfi- és Társállattenyésztési Tanszék, Kaposvár, 7400, Guba S. u. 40.

²SEFAG Zrt, 7400 Kaposvár, Bajcsy Zs. u. 21.

³Kaposvári Egyetem GTK, Informatika Tanszék, Kaposvár, 7400, Guba S. u. 40.

ÖSSZEFOGLALÁS

*A gímszarvas a magyar vadgazdálkodás meghatározó vadfaja. Somogy megye szarvasállománya az országos létszám és teríték jelentős hányadát, kb. 16-17%-át teszi ki és minőségi szempontból is kiemelkedő. A Zselicben, a SEFAG Zrt területén él az egyik legkiválóbb hazai szarvaspopuláció, amelynek egészségi állapotát értékeltük a 2006/07 idényben elejtett 80 tarvad vizsgálatával. A vesezsír-index a teheneknél, különösen a fiatal teheneknél jobb volt (2,15), mint a borjaknál (1,28) és az ünőknél (1,28). A vizsgált paraziták közül az orr-garatbagócsok előfordulása volt a leggyakoribb (62,5%). Nagy tüdőférgeket a szarvasok 41,25%-ban, *Elaphostrongylus cervi* példányt (koponyaüreg) 28,8%-ban találtunk. Mindhárom parazita a borjakban sokkal gyakoribb volt, mint az idősebb korcsoportokban. További két állat koponyaüregében találtunk 1-1 *Setaria cervi* példányt. A borjak kemény agyburkának belső felületén a férgekmentes egyedekében is, gyakran találtunk férgek okozta kóros elváltozásokat, a vadászok azonban nem tapasztaltak idegrendszeri tüneteket. A hasfal bőrén egy tyüktojásnyi papillómát, valamint egy tüdő-karcinómát találtunk egy-egy állatnál. Vizsgálataink alapján a zselicségi szarvaspopuláció egészségi állapotát és kondícióját igen jónak értékeltük.*

(Kulcsszavak: gímszarvas, vesezsír-index, paraziták, daganatok)

ABSTRACT

Examination of red deer from the Zselic region for body condition, size and parasites during the 2006/07 hunting season

L. Sugár¹, Sz. Kovács¹, Gy. Varga², R. Barna³

¹University of Kaposvár, Faculty of Animal Sciences, Poultry and Companion Animal Breeding Science Department
H-7400 Kaposvár, Guba S. str. 40.

²SEFAG Forestry and Timber Industry Company as Close Corporation, H-7400 Kaposvár, Bajcsy Zs. str. 21.

³University of Kaposvár, Faculty of Economic Sciences, Information Technology Department, H-7400 Kaposvár, Guba S. str. 40.

The red deer is an important game in Hungary and especially in Somogy county, with its 16 to 17% of stock and bag size and outstanding quality. One of the best stocks of Somogy county is found in the Zselic forest, owned by the SEFAG company. The health status of this stock was examined using 80 non-trophy deer shot during the 2006/07 hunting season. Both the length of mandibula and metacarpus were increasing with age, reaching maximum in the group of the older hinds with 31.16 (± 1.13) and 25.23 cm (± 0.72) respectively. In contrast, the carcass weight was highest in the younger hinds (74.6 $\pm$ 12.6 kg). The kidney-fat-indices (KFI) showed that the young hinds (2.15) were in better body condition than the calves (1.28) and the yearling hinds (1.28).

Nasopharyngeal bot-flies (Oestridae) were the most prevalent parasites (62.5%), followed by the large lungworms (Dictyocaulus spp.: 41.25%) and the Elaphostrongylus cervi (28.8%), the latter inside the cranial cavity. All these parasites occurred more frequently in calves than in other age groups. In addition, Setaria cervi was found in the cranial cavity of two deer. The worm-infested calves and most of the worm-free ones showed lesions on the inner side of the dura mater, although neurological symptoms were not reported by the hunters. An egg-shaped abdominal skin papilloma and a walnut-sized pulmonary carcinoma was also found in one-one deer. It is concluded that the body condition and the overall health status of deer in the Zselic forest was very good in this hunting season.

(Keywords: red deer, kidney-fat-index, parasites, tumors)

BEVEZETÉS

A szarvasfélék (Cervidae) gazdag családját két csoportra osztják: Óvilágiak (Telemetacarpalia – a 2. és 5. ujjakat tartó lábközépcsontok alsó vége maradt meg) és Újvilágiak (Plesiometacarpalia – a lábközépcsontok felső vége mutatható ki). Az utóbbiak közé tartozik a gímszarvas (*Cervus elaphus* L.) fajkomplexum, amely őshonos az északi féltekén Euráziában és Észak-Amerikában egyaránt, és korábban több mint 20 alfaját különböztették meg (Bálint és Sugár, 1985). Euráziában ma is előfordul a Brit-szigetektől a Csendes-óceánig, valamint Norvégiától Anatóliáig. Európából származó vadon is élő populációi találhatók az Atlasz-hegységben (É-Afrika), Argentínában és Chilében, valamint Új-Zélandon. Újabban Európán belül csak két alfajt: a nyugati és keleti gímszarvast különböztetik el (Fatalin, 2001). A választóvonal hazánk keleti határa mentén húzódik, jelezve az elkülönítés biológiai alaptalan voltát.

Hazai viszonylatban honfoglaló eleink Csodaszarvasa – a gímszarvas – ma is meghatározó jelentőségű a vadgazdálkodásban. Törzsállományát az utóbbi 20-25 évben 100 ezer körüli létszámmá becsülik (Csányi, 2003; Sugár, 2003). A Somogy megyei állomány mennyiségi (2006. tavaszi becslés: 11.021 példány, a hazai állomány 15,9%-a; 2006/07 évi teríték+elhullás: 6751, az országos teríték 17,2%-a (Csányi, 2006)) és minőségi szempontból egyaránt kiemelkedő. A korábbi állomány a teríték és a trófeajellemzők alakulásáról Bod (1994) közöl részletes adatokat. A XX. század első felében Kaszó térségében és a Zselicségben került terítékre a legtöbb érmes trófea. A 60-as évekkel kezdődően azután egyre több terület vált „világhírűvé”, így pl. Lábod, Gyótapuszt, Szántód. A jelenlegi hazai gímszarvas-trófea ranglistán az 1. Tolna megyéből a 2.-4. Somogy megyéből származik. A 3. viselőjét 2001-ben Lábodon, a 4-ét 2002-ben a Zselicségben ejtették el.

Ismerve az említett területek eltérő adottságait, arra kell gondolnunk, hogy a gímszarvas eléggé rugalmas az élőhelyi viszonyok tekintetében. Az erdei táplálék mellett igénye szerint bármikor megtalálja a mezőgazdasági terményeket (kukorica, gabona, napraforgó). Az élőhely direkt minősítése a szarvas szempontjából antropomorf módon nem egyszerű, sokkal egyszerűbb viszont az állatok fejlettségének, kondíciójának az objektív vizsgálatával. Évtizedek óta használják ezt a gímszarvasnál is (Mitchell et al., 1976). Az elejtett szarvasok vizsgálata során lehetőség nyílik egyes paraziták keresésére, megszámlálására, az esetleges kóros elváltozások megfigyelésére, illetőleg mintagyűjtésre a laboratóriumi vizsgálatokhoz. Mindez kiegészíti az általános egészségi/tápláltsági állapotról kialakított képet.

2006. őszén a SEFAG Zrt szakmai vezetése részéről felmerült az igény a zselicségi szarvasállomány ilyen irányú vizsgálatára.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Vizsgálati terület

A SEFAG Zrt. Kaposvári és Zselici Erdészete 17.900 ha összterülettel a Zselicség erdőgazdasági tájba illeszkedik.

A Zselicség a Dunántúl délkeleti részén terül el, Baranya megye északnyugati és Somogy megye délkeleti részét foglalja magába. A táj jellegzetes dunántúli dombvidék, a terület tengerszint feletti magassága 140-300 m között változik. Az alacsonyabb hegyhátsákok lösz, míg a magasabb részeket harmadkori pannon rétegek borítják. A táj képét az erózió tette változatossá. A kistáj területén szubmediterrán klímahatások érvényesülnek, így éghajlata mérsékelt mérsékelt nedves. Az évi csapadék az országos átlagnál több (709 mm), két maximummal, június és október hónapban. A terület a bükkös klímába tartozik.

Növényföldrajzi szempontból a kistáj a nyugat-balkáni flóratartomány (Illyricum) Praeillyricum flórávidékének Somogyi flórájárásába (Somogyicum) tartozik. Fontosabb erdőtársulásai közül a bükkösök (*Vicio oroboidi* - *Fagetum*), a gyertyános kocsánytalan tölgyesek (*Quercus petraeae* - *Carpinetum praeillyricum*), az ezüsthársas cseres tölgyesek (*Tilio argenteae* - *Quercetum-cerris*), a tölgy-köris-szil ligeterdők (*Quercus* - *Ulmum*), valamint a pangóvízes éger-körisligetek (*Alnetum* - *Fraxinetum pannonicum*) emelhetők ki (*Marosi és Somogyi*, 1990).

A terület 49%-os erdőssűrűségű, emellett 44,5%-on folytatnak mezőgazdálkodási tevékenységet (*Varga*, 2006).

Szarvas-vizsgálat

Az idénybeli tarvad vadászatok alkalmával a 2006. októbertől 2007. februárig terjedő időszakban összesen 80 tarvad – ezen belül 36 borjú – vizsgálatára nyílt lehetőségünk. A kor meghatározása/becslése a fogazat állapota (fogzás, fogváltás, fogkopás) alapján történt.

Testnagyság és kondíció mérések:

- *állkapocs-hossz*: az első metszőfog (I_1) fogmedrének elülső szélétől az állkapocs ágának hátulsó széléig vonalzóval, mm-es pontossággal;
- *elülső lábközépcsont*: (metacarpus, M.c) maximális hossza, mm-es pontossággal;
- *veseszíri-index 1* (VZsI1): a vesét körülölelő zsírpárna (a vese hátulsó végénél a vese hossz tengelyére merőlegesen elvágva) tömege/a vese tömege;
- *vese vizsgálat 2* (VZsI2): a teljes vesekörűli és onnan a medencebejáratig húzódó zsírszövet/a vese tömege.

Parazitológiai vizsgálatok:

- *a koponyaüregek vizsgálata*: a fej középső hosszanti (median sagittalis) félbevágása után vizsgáltuk az agyburok és az agyvelő felszínét, a talált fonálférge(ke)t 96%-os etilalkoholt tartalmazó Eppendorf-csőbe helyeztük, majd a laboratóriumban Olympus sztereomikroszkóppal vizsgáltuk;
- *az orr- és garatüregek vizsgálata*: az előforduló bagócs lárvákat (*Oestridae*) ugyancsak 96%-os etilalkoholba tettük;
- *a tüdő vizsgálata*: a légcsőben és a főhörgőket felnyitva a talált fonálférgeket kigyújtottuk és 96%-os etilalkoholban konzerváltuk.

A talált paraziták faj- és ivar-meghatározását, ill. számlálását a morfológiai jegyek alapján a helyszíni vizsgálatok alkalmával, vagy a laboratóriumban végeztük el.

Az észlelt kóros elváltozásokról digitális fényképfelvételeket készítettünk, a mintákat pedig 10%-os formalinoldatba helyeztük későbbi szövettani vizsgálatra.

A statisztikai számítások elvégzéséhez az Excel, valamint a Quantitative Parasitology 3.0 programot használtuk.

EREDMÉNYEK

Kondíció

Az adatok statisztikai értékelése alapján (1. táblázat) a fiatal tehenek kondíciója a legjobb, ennél valamivel gyengébb a középkorú teheneké. Legalacsonyabb, azonos értékű a borjak és az ünők kondíciója mindkét VZSI alapján.

Testnagyság

A testnagyság összehasonlító értékelésére szolgáló állkapocs- és lábközépcsont-hossz egyaránt az életkorral növekszik és a középkorú teheneknél tetőzik (1. táblázat). Az 1. ábra jól szemlélteti, hogy a lábközépcsont hosszanti növekedése már a 2. éves kor körül befejeződik, az állkapocshossz azonban csak idős korban tetőzik.

Paraziták

Orr-garatbagócsok (Oestridae) lárváit találtuk meg a borjak 72,2%, az ünők 64,3%, a fiatal tehenek 61,5%, ill. az idősebb tehenek 41,2%-ában, az összesített prevalencia 62,5%. Az idevonatkozó egyéb tapasztalatok ismertetésétől eltekintünk.

A koponyaüregben talált paraziták:

Elaphostrongylus cervi (Cameron, 1931): a borjakban igen magas, 61,9%-os prevalenciát tapasztaltunk. Az állatonkénti feregszám (abundancia) 1-8 példány között váltakozott, átlagosan 3,3 példány. Ezen kívül csak egy ünőben találtunk férget (7,1%-os prevalencia).

A borjakban a férgesség prevalenciája a szezon folyamán 66,67%, alig változott: novemberben 66,67%, decemberben 68,75%, januárban 64,29%. Említésre érdemes, hogy több esetben találtunk férget a nyúltvelőből kilépő idegtörzsek mellett, egy esetben a látóideg kereszteződésénél, egy ízben pedig az ammon szarvon.

Setaria cervi (Rudolphi, 1819)

E filáriefaj 1-1 példányát fedeztük fel egy borjú és egy középkorú tehén koponyaüregében, ami 2,5%-os prevalenciát jelent.

Alsó légutak (légcső, hörgők)

Dictyocaulus spp. (nagy tüdőféreg) példányokat a vizsgált borjak 66,67%-, az ünők 35,7%-, a tehenek 13,3%-ában találtunk, ami az összes állatra vetítve 41,2%-os prevalenciát jelent.

Rendszerint az *E. cervi* példányok tartózkodási helyének a környezetében, sok esetben azonban távolabb, illetőleg féregmentes koponyaüregben is, a kemény agyburok (dura mater) belső felületén sárga kocsonyás beszűrődést (exudáció), olykor gyöngyszerű felrakódásokat (idült gyulladás) észleltünk. Esetenként pontszerű vérzés is előfordult. A fertőzött állatok életében előforduló idegrendszeri tünetekről azonban nincs tudomásunk.

Két állatnál tapasztaltuk daganat kialakulását. Egy ünő hasfalbőrén tyúktojásnyi méretű barna egyenetlen felületű hámmal fedett képlet, ún. papilloma függött. Egy tehén tüdejének a felszínén két szabálytalan határvonalú, egyenmű, bacon szalonnára emlékeztető metszéslappal rendelkező, 3-4 cm átmérőjű elváltozás mutatkozott. A szövettani vizsgálat során az elváltozott területek hám eredetű daganatnak (carcinomának) bizonyultak.

1. táblázat

A kondíció, az állkapocs- és a lábközépcsont hossz alakulása korcsoportonként

	n	VZSI1 (1)	VZSI2 (2)	Állkapocs (3)	M.c. (4)
Borjú (5)	36	1,7 (0,28)	2,28 (0,47)	22,72 (0,97)	23,28 (0,85)
Ünő (6)	14	1,69 (0,35)	2,28 (0,49)	27,38 (1,5)	24,95 (0,77)
Tehén 2,5-5 év (7)	13	2,21 (0,52)	3,15 (1,24)	30,07 (0,62)	25,22 (0,93)
Tehén 5,5-10 év	15	2,13 (0,46)	2,84 (0,36)	31,12 (1,2)	25,28 (0,75)
Tehén 10,5 - év	2	-	-	31,4 (0)	24,8 (0,14)

Table 1: Body condition (KFI), jaw and metacarpus length values (mean/standard error) by age groups

Kidney-fat-index (KFI) reduced(1), KFI total(2), Jaw length(3), Metacarpus length(4), Calf(5), Yearling hind(6), Hind(7)

1. ábra

Összefüggés a gímszarvas állkapocs- ill. lábközépcsontossza és az életkor között a Zselicben (átlag $\pm$ szórás)

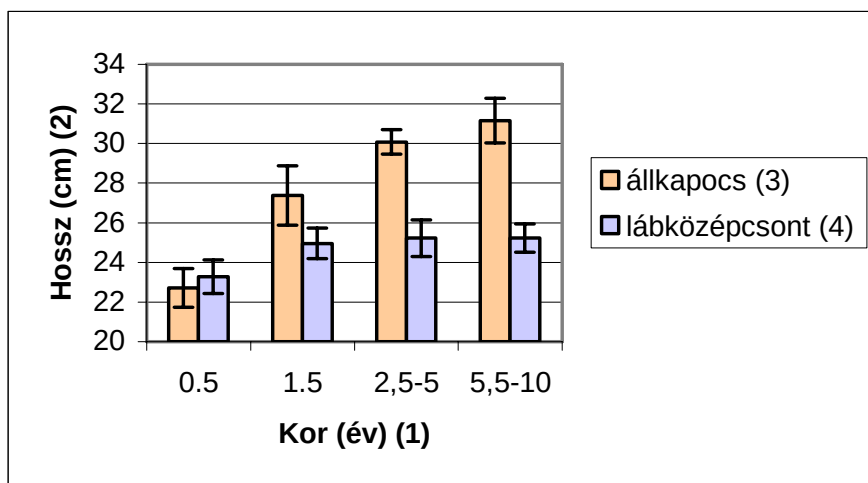


Figure 1: The relationship between jaw length, metacarpus length, and age for red deer from Zselic. The values are mean $\pm$ s.d. of mean

Age (year)(1), Length(cm)(2),

KÖVETKEZTETÉSEK

A vesezsír-index számítások eredményei alapján a borjak és az ünők kondíciója gyengébb, mint a tehenké. Korábban ugyanezt tapasztalta Sugár és Horn (1986) is.

Ennek háttérében nyilvánvalóan az áll, hogy az első- és másodéves állatok az intenzív növekedés/fejlődés miatt jóval kevesebb zsírt tudnak elraktározni. Adataink alapján a lábközépcsont növekedése öt éves kor, az állkapocs növekedése pedig 10 éves kor körül fejeződik be (Sugár és mtsai, 1985).

Az orr-garatbagócsok előfordulásának prevalenciája (62,2%) alacsonyabb érték, mint amit korábban egy bakonyi szarvaspopulációban téli időszakban tapasztaltunk (90%) (Sugár és mtsai, 2004).

Az *E. cervi* főreg koponyaüregben való előfordulásának gyakorisága borjúkorban igen magas. Korábban is tapasztaltunk hasonló magas értéket egy-egy populációban (Sugár és mtsai, 2001). Az idősebb állatokban tapasztalható alacsony prevalencia kétségtelenül a kialakult fertőzőes immunitással van összefüggésben (Handeland et al., 2000). Az alacsony prevalenciájú *S. cervi* fertőzőség is hasonlóan alakul a korábbi vizsgálatok eredményeihez (Sugár és mtsai, 2001).

A borjaknál észlelt 66,67%-os nagy tüdőfégesség nem tér el jelentősen a korábbiakban tapasztaltaktól (Sugár, 1995). Ennek oka feltehetően a száraz őszi időjárásnak köszönhető.

Gímszarvason a papilloma meglehetősen ritkán fordul elő (Hőnich, 1978), szemben az őzzel (Erdélyi, 2006). Carcinoma szarvasban való előfordulásáról hazai viszonylatban nincs tudomásunk.

Vizsgálataink alapján a zselicségi szarvaspopuláció egészségi állapotát, kondícióját az észlelt paraziták és egyéb elváltozások ismeretében is igen jónak értékelhetjük.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A dolgozatban körvonalazott munka megvalósításának pénzügyi háttérét a Kaposvári Egyetem Tudásközpontjának köszönhetjük. A terepi munka előkészítésében és lebonyolításában a SEFAG Zrt Vadászati Osztálya, valamint a Kaposvári és a Zselici Erdészeti fővadászai és hivatásos vadászai nyújtottak nagy segítséget.

IRODALOM

- Bálint T., Sugár L. (1985). A szarvas mai elterjedése. In: A gímszarvas és vadászata (Páll E. szerk). Mezőgazdasági Kiadó : Budapest, 15-24.
- Bod L. (1994). A somogyi gímszarvas. Lipták Vadászati és Kereskedelmi BT : Balatonfenyves
- Csányi S. (2003). Szarvasállomány és szarvasgazdálkodás a statisztikák alapján. In: A vadgazdálkodás időszerű kérdései. 1. Gímszarvas, Dénes Natura Műhely : Budapest, 10-22.
- Csányi S. (szerk.)(2006): Vadgazdálkodási adattár - 2005/2006. vadászati év, <http://www.vvt.gau.hu/adattar/pdf/va-2005-06.pdf>
- Erdélyi K. (2006). Szóbeli közlés
- Fatalin Gy. (2001). A magyar gímszarvas. Nimród Vadászakadémia 5. Budapest
- Handeland, K., Gibbons, L.M., Skorpington, A. (2000) Aspects of the life cycle and pathogenesis of *Elaphostrongylus cervi* in red deer (*Cervus elaphus*). J. Parasitol. 86. 1061-1066.
- Hőnich M. (1978). Daganatok. In: Hőnich M., Sugár L., Kemenes F.: Vadon élő állatok betegségei. Mezőgazdasági Kiadó : Budapest, 180-182.
- Marsai S., Somogyi S. (1990). Magyarország kistájainak katasztere II: MTA Földrajztudományi Kutató Intézet : Budapest, 584.-589

- Mitchell, B, McCowan, D. Nicholson, I.A. (1976). Anymal cycles of body weight and condition in Scottish Red deer, *Cervus elephm*J.Zoo. : London 180. 107-127.
- Sugár L. (1995). A szarvasfélék tüdőféreg-fertőzöttségének jelentősége és a védekezés lehetőségei. Magyar Állatorvosok Lapja. 50. 161-164.
- Sugár L. (2003). A gímszarvas állomány-csökkentés mértéke, üteme és módja. In: A vadgazdálkodás időszerű kérdései. 1. Gímszarvas, Dénes Natura Műhely : Budapest 24-27.
- Sugár L., Bálint T., Páll E. (1985). A szarvas általános jellemzése. In: A gímszarvas és vadászata (Páll E. szerk). Mezőgazdasági Kiadó : Budapest: 25-45.
- Sugár L., Horn A. (1986). The fertility (pregnancy) rate and the time of conception in red deer populations in Hungary. CIC Rotwild-Symposium. Graz, Juni 19-22. 1986. 268-273.
- Sugár L., Kovács Sz., Kovács A., Körös A., Varga Gy. (2004). Orr-garatbagócs lárvák előfordulása életkor és évszak szerint egy bakonyi szarvasállományban. Vadbiológia, 11: 24-29.
- Sugár L., Körös A., Völgyi I. (2001). A koponyaüregben élő fonálférgek (*Elaphostrongylus cervi* és *Setaria cervi*) előfordulása dunántúli gímszarvas populációkban. Vadbiológia, 8. 37-42.
- Sugár L., Páll E. (1985). A szarvas táplálkozása.. In: A gímszarvas és vadászata (Páll E. szerk). Mezőgazdasági Kiadó : Budapest, 77-84.
- Varga Gy. (2006). Kerti és szabad területi vaddisznók egészségi állapotának és parazitás fertőzöttségének összehasonlító vizsgálata. Doktori értekezés. Sopron.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Sugár László

Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar
Baromfi- és Társállattenyésztési Tanszék
7401, Kaposvár, Pf. 16.

*University of Kaposvár, Faculty of Economic Science
Poultry and Companion Animal Breeding Science Department
H-7401, Kaposvár, POB 16.*

Tel.: 36-82-314-155

e-mail: sugar@mail.atk.u-kaposvar.hu



Comparing productivity of fertilized and unfertilized grasslands on the base of horse meat production

Zs. Szatai¹, T. Fábián²

¹Agricultural and Rural Development Agency Baranya County Branch Office 7602 Pécs, Pf. 365,

²University of Kaposvár, 7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

ABSTRACT

The requiring of the EU, the demands for environmental and retrenchment farming, affects to decrease using fertilisers at grasslands in Hungary. Because we can hardly find any information in Hungary about the discarding of fertilisers in grasslands, therefore we started an experiment according this subject. During this experiment we compared the nutritive value, the fertility and keeping capacities of the fertilised (100 kg N, 40 kg P and 40 kg K pure ingredient/hectare/year) and unfertilised grasslands with slaughter horse during two years. In this article we are going to show the slaughter horse keeping capacities of the fertilised and unfertilised grasslands. According to our results we realised, that the gain in weight of foal was 1120 g/day on fertilised, and 1056 g/day on control plots. Estimating live weight gain and the change of the live-weight of the foals and the mares we realised that 1,7 hectare unfertilised grassland needs to reach as much product as on one hectare fertilised grassland.

(Keywords: keeping capacity, slaughter horse, weight gain)

ÖSSZEFOGLALÁS

Műtrágyázott és műtrágyázatlan gyepek húsló eltartó képességének összehasonlítása

Szatai¹ Zs., Fábián² T.

¹Baranya megyei MVH 7602 Pécs, Pf. 365,

²Kaposvári Egyetem 7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

Egyrészt az Európai Unió elvárások figyelembevétele, másrészt a környezetkímélő és költség-takarékos gazdálkodás iránti igény Magyarországon is a gyeptermesztés során felhasznált műtrágya mennyiségének csökkenését eredményezi. Mivel a műtrágyázás elhagyásának a gyeptertermőképességére és állatteltartó képességére gyakorolt hatásáról üzemi körülmények között mért eredményei a hazai szakirodalomban alig találhatók, ezért a témával kapcsolatban a Kaposvári Egyetem Állattudományi Kar gyepterületein kísérletet állítottunk be. Vizsgálatunkban két év során összehasonlítottuk azonos típusú, húshasznú lovakkal legeltetett műtrágyázott (100 kg N, 40 kg P és 40 kg K hatóanyag/hektár/év) és műtrágyázatlan gyepterület táplálóértékét, termőképességét, és állatteltartó képességét. Jelen közleményünkben műtrágyázott és nem műtrágyázott gyepek húsló eltartó képességét ismertetjük. Eredményeink alapján az egy napra jutó csikó tömeggyarapodás két év átlagában műtrágyázott gyeperen 1120 g/nap, míg a kontroll legelőn 1056 g/nap volt. Értékelve a műtrágyázás elhagyását és a csikók és kancák súlygyarapodását, illetve élőszülő változását megállapítottuk, hogy egy hektár műtrágyázott gyepterületen előállított lóhús mennyiségének megtermeléséhez műtrágyázatlan körülmények között 1,7 hektár gyepterület szükséges.

(Kulcsszavak: húsló eltartó képesség, húsló, súlygyarapodás)

INTRODUCTION

The basic use of the extensive and semi-intensive grasslands is the grazing. There is a demand in the meat-production based on grazing to breed species haven't been bred yet for meat-production, or we used them within definite bounds. We have got a chance to breed slaughter horse, as an alternative of the grazing species.

Slaughter horse – especially slaughter foal – is a unique product that is out of the European production quotas, it is controlled only by consumption. Growing preferences toward healthy nutrition pull the demand upward and the product itself belongs to the group of higher price level goods. Export of slaughter horse products brought remarkable price income for Hungary in recent years.

According to studies it can be concluded that Hungarian cold blood horse can be successfully bred and kept on suitable pastures with conditions similar to beef production (Gulyás, 1996b).

Experiments of grazing the cold blood horse started in 1980's in Hungary. The results of these experiments show that the growing capacity per day is better at the slaughter horse than the other grassland utilised livestock. The daily live-weights product from birth to weaning was measured 1450-1550 g/day by Hungarian authors (Dér *et al*, 1992; Gulyás, 1995, 1996a; Gulyás and Gaál, 1998, 2001; Makray, 1997; Stefler 1991; Stefler *et al*, 1993).

MATERIALS AND METHODS

Experiments were performed on the grasslands of the Experimental Farm of Kaposvár University in 1999-2000. The area was partly fertilized (14.6 ha), the rest (26.4 ha) was kept as non treated control. Fertilizing parameters were as follows: yearly quantities per hectare, N 100 kg, P 40 kg, K 40 kg.

All areas were utilized for grazing by slaughter horses

Sampling to determine yield and nutritive value of the grass (*MSZ 6962:1984*) was made before the moving of horses to new paddock. As for nutritive value, 5 average samples were formed per segments and they were analyzed parallel in Laboratory of Food and Service Division of Bóly Co.Ltd. Nutrient content analysis happened under the frames of *MSZ 6830* (Chemical analysis of grass and other forages) while that of mineral content through *MSZ ISO 6490*. Upon the results of chemical analysis digestible energy (DE, MJ/kg) was calculated through the Harris formula. Based on green yield per hectare and dry matter content as well as nutritive value of grass the yield quantity in terms of crude protein, dry matter content and digestible energy was calculated. As for breed, most horses were Hungarian cold blood and there were some mares covered by imported French stallions. Batch mating was used for covering so the origination of foals was clear. Two stallions were used with mare groups of 20-26 each.

In 1999 as much as 26 mares and progeny were introduced to non fertilized area while 20 mares and progeny to fertilized plots. In 2000 the fertilized areas were grazed by 20 mares and progeny and non fertilized ones by 22 mares and progeny. Animals in both groups were selected randomly.

Experimental and control horse stocks were grazed from 03 May to 19 October in 1999 and 26 April to 25 July in 2000 because in the year of 2000 after the given date the growth of the grass practically stopped so the animals had to be fed with hay. Grazing was possible again from mid September to 19 October.

According to the set aims and objectives of the study the mares and foals live weight were measured at the beginning and at the end of the grazing season. Average live weight

gain and in case of foals daily weight gain was calculated per animal. Finally with mare live weight change corrected foal weight gain per one hectare grassland was determined.

Statistical analysis was carried out by using SPSS for Windows 8.0 software kit.

RESULTS AND CONCLUSIONS

Two years average change of weight gain data of animals kept on fertilized and non fertilized pastures follow the same pattern as the change in the individual years. Cumulated data show that more favorable nutrient content of fertilized grass had an effect on foal weight gain per feeding day and animal product (horse meat) per one hectare values (*Table 1, Table 2*).

Inferior results of daily weight gain and meat productivity per hectare in year 2000 can be explained by a number of factors. Due to the severe draught the grass burnt out and despite the given hay provided suitable daily weight gain (1056 g/day on fertilized and 1026 g/day on non fertilized areas), the actual values remained below the results of the previous year (1184 g/day on fertilized and 1085 g/day on non fertilized areas). Also, weight drop of mares was higher in 2000.

According the results of weight gain and meat production data of animals grazed on fertilized and control areas showed the positive effects of higher nutrient content of grass on fertilized land. Both daily weight gain of foals and meat output per hectare values were higher in that case. Other production parameters of the animals on fertilized pastures were also better.

Rate of effective progeny ranged 75-85% in our experiment which is quite favorable in Hungarian conditions (*Makray and Stefler, 2004*). Live weight gain of mares and foals showed that the horse meat quantity produced on one hectare of fertilized grassland can be regenerated on 1.7 ha of non fertilized pasture.

On non fertilized pastures a mare and her foal require 1.1 grazing land while on fertilized plots 0.73 ha is enough. Keeping capacities of grasslands in South-Transdanubia can be determined between the above values.

1. Table:

Growth of foals, live weight gain of mares

Year (1)	1999	1999	2000	2000	1999-2000	1999-2000
Grass treatments (2)	control	fertilized	control	fertilized	control	fertilized
Live weight gain of foals in grazing season kg/foal (3)	224 (n=20)	233 (n=17)	204 (n=17)	212 (n=15)	214 (n=37)	223 (n=32)
Weight gain of foals g/day (without birth weight) (4)	1085	1184	1026	1056	1056	1120
Weight gain of foals g/day (with birth weight) (5)	1417	1509	1352	1379	1385	1444
Weight change of mares in grazing season kg/mare (6)	-26 (N=26)	-21 (n=20)	-33 (n=22)	-28 (n=20)	-30 (N=48)	-24 (n=40)

1. táblázat: Csikók növekedése, és kancák élőtömeg változása

Év(1), Gyep kezelés(2), csikó élőtömeg gyarapodás a legeltetési időnyben kg/csikó(3), testtömeg-gyarapodás csikóknál g/nap (születési tömeg nélkül) (4), élőtömeg termelés csikóknál g/nap (születési súllyal) (5), kanca élőtömegváltozás változás a legeltetési időnyben kg/kanca (6)

2. Table:

Growth of foals, live weight gain of mares per hectare

Year (1)	1999	1999	2000	2000	1999-2000	1999-2000
Grass treatments (2)	control	fertilized	control	fertilized	control	fertilized
Live weight gain of foals in grazing season kg/ha (3)	169 ^a	271 ^b	132 ^a	218 ^b	151 ^a	245 ^b
Weight change of mares in grazing season kg/ha (4)	-26	-28	-27	-38	-27	-33
Weight change of mares and foals in grazing season kg/ha (5)	143 ^a	243 ^b	105 ^a	180 ^b	124 ^a	211 ^b

a: control b: fertilized significant differences ($P \leq 0,05$); a (kontroll) b(műtrágyázott) szignifikáns eltérés az adatok között ($P \leq 0,05$)

2. táblázat: Csikók növekedése, és kancák élőtömeg változása hektáronként

Év(1), Gyep kezelés(2), Csikó élőtömeg változás a legeltetési időben kg/ha (3), Kanca élőtömeg változás a legeltetési időben kg/ha (4), Kanca és csikó élőtömeg változás a legeltetési időben kg/ha (5)

REFERENCES

- Dér F., Stefler J., Stefler J.-né, Máté S. (1992): Gyepre alapozott szarvasmarha- és lóhústermelés. Természetes állattartás 2. Tudományos és Termelési Tanácskozás Szolnok. DATE : Debrecen 49-56.
- Gulyás L. (1995): Magyar hidegvérű csikók növekedésének vizsgálata születéstől választásig. Állattenyésztés és Takarmányozás, 44. 6. 481-494.
- L. Gulyás (1996a): Study of the weight of Hungarian cold-blooded foals. Acta Agronomica Óvariensis, 38. 1-2. 117-126. p.
- Gulyás L. (1996b): A magyar hidegvérű ló húshasznosítása. Kistermelők lapja, 3. 4-5.
- Gulyás L., Kovácsné Gaál K. (1998): A magyar hidegvérű ló természetsszerű tartása. VI. Nemzetközi Agrárökonómiai Tudományos Napok, Gyöngyös.
- Gulyás L., Kovácsné Gaál K. (2001): A magyar hidegvérű ló legelőre alapozott tartása. Gyepgazdálkodásunk helyzete és kilátásai. Debreceni Gyepgazdálkodási Napok 17. DE ATC : Debrecen, 226-229.
- Makray S. (1997): A hidegvérű ló tartásának újabb lehetőségei. Nemzetközi Lótenyésztési Tanácskozás, Debrecen
- Makray S., Stefler, J. (2004): A gyepre alapozott ló- és marhahústermelés lehetőségei. Gyep az agrár- és vidékfejlesztési politikában. Debreceni Gyepgazdálkodási Napok 20. DE ATC : Debrecen, 22-27.
- Stefler J. (1991): Jó piaca van a vágólónak. Gyephasznosítás új módon. Kistermelők lapja, 8. 10-11.
- Stefler J., Makray S., Dér F. (1993): Legeltetett kancák tej- és hústermelése. Természetes Állattartás 3. DATE : Debrecen, 163-175.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Szatai Zsuzsa

Agricultural and Rural Development Agency Baranya County Branch Office

H-7602 Pécs, P.O. box 365

Baranya megyei MVH

7602 Pécs, Pf. 365.

Tel.: 36-20-310-2726

e-mail: szatzsu@gmail.com



Intelligens Tér és alkalmazásai

Reskó¹ B., Niistuma² M., Baranyi³ P., Korondi⁴ P.

¹Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Távközlési és Médiainformatika Tanszék, 1117 Budapest, Magyar Tudósok krt 2.

²Tokió Egyetem, Ipari Tudományok Intézete, Komaba, Tokió, Japán

³MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutató Intézet, 1111 Budapest, Kende utca 13-17.

⁴Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Automatizálási és Alkalmazott Informatika Tanszék
1111 Budapest, Goldman Gy. tér 1.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az olyan tereket (szobákat, épületeket, hivatalokat) tekinthetjük intelligensnek, amelyekben elosztott és egymással kommunikáló érzékelők sokasága nem csak passzívan rögzíti az adatokat és eseményeket, hanem értelmezni is tudja azokat. Képes megtanulni a szokásos eseményeket, azonosítani, felismerni tudja őket. Mindezt azért, hogy információ vagy fizikai segítség nyújtásával segítse a térben tartózkodó embereket, esetleg megvédje azokat a nem várt események okozta veszélyektől. Az intelligens terek három fő feladata az érzékelés, kiértékelés és beavatkozás. A cikk áttekintést ad a világban folyó intelligens terekkel kapcsolatos kutatásokról és részletesen bemutatja az Intelligens Integrált Rendszerek Japán Magyar Közös Laboratórium e területen elért legfontosabb kutatási irányait és azok eredményeit. Az egyik ilyen kutatás a tér-memória, amely a tér különböző pontjaihoz rendel funkciókat, és így egy ember-gép interfészt biztosít a tér használóinak. A másik fontos kutatási irány a kognitív látás alkalmazása az Intelligens Térben, amelynek lényege, hogy az élőlények látásához hasonló funkciókkal ruházzák fel a teret. A cikk befejező fejezete gondolatébresztőnek felsorol néhány lehetséges alkalmazási területet is.
(Kulcsszavak: Intelligens Tér, térmemória, kognitív látás)

ABSTRACT

Intelligent Space and its applications

B. ¹Reskó, M. ²Niistuma, P. ³Baranyi, P. ⁴Korondi

¹Budapest University of Technology and Economics, Dept. Of Telecommunication and Mediainformatics
H-1117 Budapest, Magyar Tudósok krt 2.

²The University of Tokyo, Institute of Industrial Sciences, 4-6-1 Komaba Meguro-Ku, Tokyo 153-8505, Japan

³Computer and Automation Research Institute of the Hungarian Academy of Sciences, H-1111 Budapest, Kende utca 13-17

⁴Budapest University of Technology and Economics, Dept of Automation and Applied Informatics
H-1111 Budapest, Goldman Gy. tér 1

The spaces (rooms, buildings or offices) can be considered intelligent, in which the distributed, mutually communicating sensors not only passively records data, but can also understand it. The intelligent space can learn and recognize usual events. The purpose is to provide information or physical help to the inhabitants of the space, or to protect them from risks of unexpected events. The three main tasks of an intelligent space are sensing, processing and actuation. This paper gives an overview about research projects in the world about intelligent spaces, and presents the main activities and results of the Intelligent Integrated Systems Japanese – Hungarian Laboratory. One of the research projects deal with the so called spatial memory, which assigns functionalities to spatial points, providing a spatial user interface. The other important research topic is the application of cognitive vision in intelligent space, which

aims to endow the space with visual abilities of mammalian animals. The final part of the paper gives a list of some potential fields of applications of Intelligent Space.

(Keywords: Intelligent Space, spatial memory, cognitive vision)

BEVEZETÉS

Az írói képzelet szüleményei gyakran szolgálnak a mérnöki munkák kiindulópontjául. Pl. Verne korában elképzelhetetlennek tűnő – az akkori tudományos fantasztikus művekben felbukkanó – rendszerek a technológia fejlődésének köszönhetően napjainkban a mindennapos életünk szerves részévé váltak, mint például a telefon, televízió és a repülőgép. Természetesen ezek a rendszerek nem akkor és nem úgy jelentek meg, ahogy azt az írók megálmodták. Túl jutottunk 1984-en, de szerencsére a Nagy Testvér még nem figyel minket, aztán eljött 2001, de még nem vesz bennünket körül az Űrodüsszeiában megírt, HAL nevű számítógép, amely képes az emberek mozgását és cselekedeteit kamerák segítségével követni és az űrhajó elektronikus rendszereit vezérelni. Talán a mérnökök azért nem mertek ilyen fejlesztésekbe vágni, mert mindkét regény (főleg az 1984) azt sugallja, hogy félnünk kell az intelligens gépektől, de ez a félelem talán oldódik, mert napjaink egy divatos kutatási iránya a „**Mindenütt Jelenlévő Számítástechnika (Ubiquitous Computing)**”. E névvel a számítástechnika harmadik paradigmáját szokás jelölni. Az első paradigma a köteget feldolgozás volt, amikor egy számítógépet sok ember használt lyukkártyákkal sorban állva. Aztán jött a személyi számítógépek kora, vagyis egy ember, egy gép. Most jutottunk el oda, amikor a számítástechnikai eszközök mindent behálózna, mindenütt jelen vannak és egy emberre több számítástechnikai eszköz is jut, hisz ide tartoznak már a mobiltelefonok, PDA-ak, elektronikus naptárak stb. A mindenütt Jelenlévő Számítástechnika egyik legérdekesebb alkalmazási területe az intelligens tér.

INTELLIGENS TÉRHEZ KAPCSOLÓDÓ KUTATÁSI PROJEKTEK ÁTTEKINTÉSE

ADA, a 2002-es Swiss Expo intelligens tájékoztató rendszere

Ada (The Ada project 2002.) egy szórakoztató rendszer, amely egyszerre több emberrel is kapcsolatba tud lépni fények és hangok segítségével. 5 hónap alatt 553,700 látogató találkozott vele a 2002-es Swiss Expon.

Ada felfogható egy mesterséges élőlénynek, aki játszik a látogatókkal. Audio-vizuális és egyéb érzékelőkkel tartja a kapcsolatot a külvilággal, például: nyomásérzékeny járólappal szerez tudomást arról, hogy hol és merre járnak nagyobb csoportok. Irányérzékelő mikrofonokkal határozza meg a hozzá beszélő látogatók helyzetét, térfigyelő kamerák segítségével felismer bizonyos mozdulatokat, gesztusokat. Válaszként egy kivetítőn valósidejű animációkat jelenít meg, amelyekbe élő képeket is belekever, a padló alatt színes fényeket villogtat, fénycsóvák pászta és mesterségesen előállított zenével szórakoztatja csodálót. A hagyományos számítógépekkel ellentétben, amelyek szabály alapúak, az Ada egy neurális hálózat, amely megpróbálja utánozni az agyunk működését: tud tanulni és „megjósolhatatlan” lépéseket tud tenni. Az Ada reakciói mindig az aktuális lelkiállapotától függenek. A emberekhez vagy az állatokhoz hasonlóan az Ada a célirányos viselkedésével fejezi ki saját magát, amelyet a saját akarata vezérel. Ada-t úgy tervezték, hogy látogatói egy újszerű szintetikus lényként ismerjék meg. Találkozás az Ada-val egy kísérlet, amely ahhoz hasonlítható, mint amikor egy másik lényel találkozunk: ösztöneinktől vezérelve megpróbáljuk felfedezni a másikat, hogy önállóságot és biztonságot szerezzünk magunknak.

„Intelligent Oxygen” Projekt

Az elnevezés onnan származik (MIT Project Oxygen, 2004.), hogy a számítástechnika úgy vesz körül minket, mint az oxigén, amelyet minden pillanatban ösztönösen és tudattalanul belélegzünk, és csak akkor veszünk tudomást a létezéséről, ha valamiért elfogy. A számítástechnika is minden pillanatban jelen van a környezetünkben, de ahhoz hogy az oxigénhez hasonlóan tudomást se vegyünk róla, és csak ösztönösen használjuk, az ember-gép kapcsolatnak egyszerűnek és az ember számára természetesnek kell lenni. E kutatásnak a középpontjában a természetes emberi kommunikáció (beszéd, mozdulatok, gesztusok) megértése áll, hogy észre se vegyük, amikor egy géppel társalunk, vagy amikor egy gép teljesíti kívánságainkat.

„Intelligent Office” Intelligens iroda

Az Intelligens Virtuális Iroda (Intelligent Office Home page) azért készült, hogy modern technológiákkal segítse az emberek munkáját: így sokkal odaadóbban és hatékonyabban végezhetik mindennapos teendőiket. Ez azon a feltevésen alapul, hogy a hagyományos irodákban dolgozó emberek napjuk nagy részét kommunikációval töltik. Életük telefonok, faxok, e-mailek között zajlik. Manapság a kommunikációnak ez a módja bárholnan elérhető, akár otthonról is. Ez a projekt az emberek munkáját hivatott segíteni – bárholnan, bármikor – anélkül, hogy feladnánk a hagyományos otthon kényelmét. Ez különösen fontos lehet a fogyatékkal élők számára, mert egy virtuális irodában egyenrangú munkaerővé válhatnak. Az Intelligens Iroda az Egyesült Államok területén működik, oda bárki bejelentkezhet, és azon keresztül bonyolíthatja az ügyeit (faxokat, telefonokat, levelezéseit). Mód van videó konferencia lebonyolítására is, de természetesen időnként elengedhetetlen a személyes találkozó vagy személyes jelenlét az értekezleteken. Az ilyen eseményekre valóságos termet lehet igényelni a virtuális iroda fenntartójától, de az ilyen termekért nem kell folyamatosan fizetni, elegendő a tényleges megbeszélések idejére kibérelni.

COSMOS, 3D virtuális szoba

A névválasztást a következő angol kifejezés rövidítésével szokták magyarázni: COsmic Scale Multimedia Of Six-faces (*Kozmikus skálájú hatszögletű multimédia*)), de ez inkább szójáték. A COSMOS valójában egy 3mx3m-es szoba, melynek mind a hat oldalára vetítővásznat lehet kihúzni, és azokon hat darab speciális kivetítő segítségével hat darab sztereóképet lehet megjeleníteni (S. Mizik et al. 2002.). A sztereókép a két szemünkkel látott két kép egyidejű megjelenítését jelenti, ha ezt szabad szemmel nézzük, akkor egy szellemképes vásznat látunk. Ezzel szemben, ha ezeket a sztereóképeket egy speciális szemüveggel nézzük, amelyik a két szemünk számára szétválasztja a két képet, akkor egy csodálatos 3D világ tárul elénk. Egyszerű sztereónézőket már sok évtizede készítenek, a COSMOS annyival több ezeknél, hogy a szemüvegen van egy pozícióérzékelő is. Ha elmozdítjuk a fejünket, akkor ezt a COSMOS érzékeli, és valós időben kiszámítja az új fejpozíciónak megfelelő sztereóképet, mind a hat irányban. Ha elérkezünk egy virtuális falhoz, akkor nyugodtan átléphetünk azon, és a COSMOS máris azt vetíti elénk, ami a falon belül látható. Ismeretes, hogy a grafikai számítások nagyon erőforrás igényesek, így a COSMOS működését is több nagyteljesítményű számítógép segíti.

i-Tér (iSpace)

Az 'Intelligens tér' kifejezés és az első ilyen megvalósított rendszer iSpace márkaneve 1996-ban robbant be a köztudatba (Korondi et al., 2003) (Szemes, 2003). A kezdetekben az intelligens tér csupán két kamerából, számítógépből, és egy 'házi' készítésű

feldolgozó szoftverből állt. A szoftvert C-ben és tcl/tk nyelven íródott a mindenki által ingyenesen letölthető Real-Time Linux operációs rendszer környezetben. Később egy nagyméretű kivetítőt (254×192 cm) is csatoltak az Intelligens térhez, amelyen a rendszer immár válaszokat is adhatott. Ezek után a rendszer mobil robotokkal bővült, amelyek már ténylegesen az emberek segítségére lehettek. Kamerák száma tíz fölé növekedett. A kutatás az intelligens ember-gép rendszerekre fókuszál.

1. ábra

„iSpace” szoba

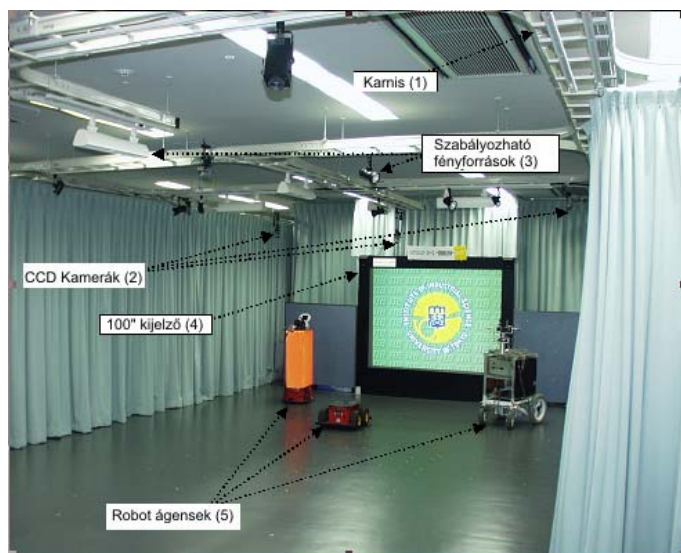


Figure 1: „iSpace” room

Guide rails(1), CCD cameras(2), Adjustable light sources(3), 100” screen(4), Robot agents(5)

INTELLIGENS TÉR (ISPACE), AZ INTELLIGENS INTEGRÁLT RENDSZEREK JAPÁN MAGYAR KÖZÖS LABORATÓRIUM FEJLESZTÉSÉBEN

Az Intelligens tér koncepciója

Olyan tereket (szobát, épületet, utcát) nevezünk intelligensnek, amelyek egyrészt elosztott intelligenciájú, hálózatra kapcsolt érzékelőkkel (pl. kamerákkal és mikrofonokkal) rendelkeznek. A beavatkozó eszközök lehetnek passzívak (amelyek csak információt közölnek, pl. képernyők, kijelzők, nyilak vagy hangszóró segítségével) és aktívak (amelyek fizikailag is segítséget nyújtanak a térben tartózkodó embereknek, pl. robotok vagy egyéb szolgáló eszközök segítségével).

Az Intelligens terünket a Mindenütt Jelenlévő Számítástechnikára alapoztuk. A 2. ábra a számítástechnika harmadik paradigmájának megjelenését mutatja be a robottechnika területén. Korábban az egy robot-egy számítógép jegyében a roboton lévő saját intelligenciát próbálták növelni. A mindenütt jelenlévő számítástechnika korában a robot érzékelői és intelligenciája elosztható a térben.

Az intelligens tér koncepcióját a 3. ábra szemlélteti.

2. ábra

Paradigmaváltás a robottechnikában

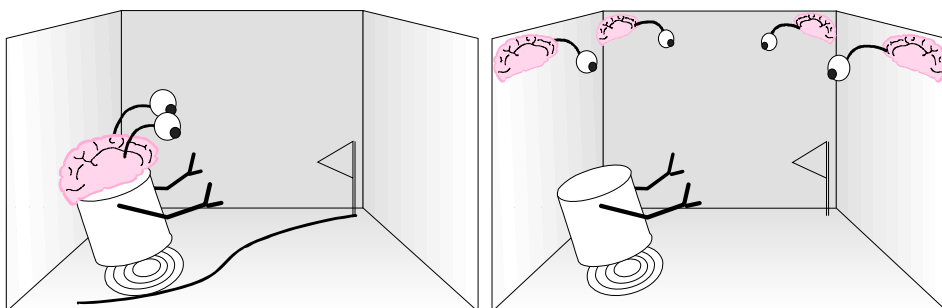


Figure 2: Change of paradigm in robot technology

3. ábra

Az Intelligens tér alapkoncepciója

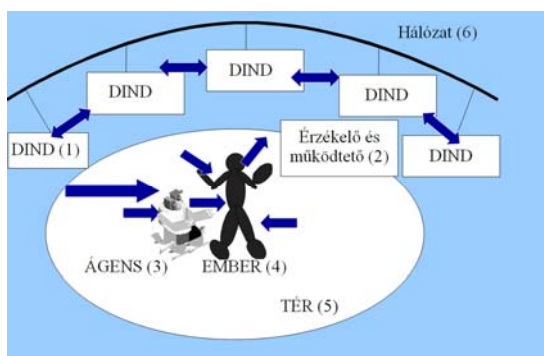


Figure 3: The basic concept of Intelligent Space

DIND (Distributed Intelligent Network Device)(1), sensor and actuator (2), aAgent (robot) (3), human (4), Space (5), Network (6).

Az intelligens tér egyik legfontosabb alkotóeleme a DIND (Distributed Intelligent Network Device, *Elosztott Intelligenciájú Hálózati Eszköz*). A DIND egységekhez érzékelők és beavatkozó eszközök csatlakoznak. Az érzékelőktől származó, sokszor redundáns (esetleg egymásnak ellentmondó) információkból lokális (DIND szintű) és az egész teret átfogó intelligens algoritmusokat felhasználva rekonstruáljuk a teret, vagyis egy olyan virtuális teret alkotunk, amely nem csak passzív elszenvedője a manipulációinknak, hanem az intelligens tér megpróbálja megérteni, hogy mi zajlik benne és esetleg a tér aktívan beavatkozik a térben lezajló eseményekbe. Az Intelligens Térben mozgó minden intelligens egység intelligens érzékelőkkel rendelkezik. Ezeknek a mozgó intelligens egységeknek akkor is működniük kell, amikor a külső környezet megváltozik, ilyenkor a térben betöltött szerepüket önálló döntéssel meg kell

változtatniuk. A mozgó egység mindig tudja a térben betöltött szerepét, és segíteni tudja a térben tartózkodó embert. Minden egyes mozgó egység egyidejűleg több csatornán keresztül kapja az érzékelők információit, továbbá a többi mozgó egység megerősítő információit is megkapja. Ezekből a sokszor redundáns (esetleg egymásnak ellentmondó) információkból a mozgó egységek egy virtuális tétként rekonstruálják az őket körülvevő teret. Ezen túlmenően a mozgó egységek a térben tartózkodó emberekkel is közlik az általuk rekonstruált virtuális teret. A kijelzés attól válik intelligensé, hogy alkalmazkodni tud az őt használó egyén kívánalmaihoz. Így az intelligens térben az emberek és a mozgó egységek együtt tudnak működni.

A LEGÚJABB KUTATÁSI EREDMÉNYEK AZ INTELLIGENS TÉRBEN

Az emberi lények felismerése, és helyének meghatározása

Az első lépésben az emberek körvonalát határozzuk meg és emeljük ki a háttérből (4. ábra), (Korondi et al, 2003; Szemes, 2003.). A második lépés a fej és a kéz helyének meghatározása (5. ábra). Nagyon egyszerű, de kellően megbízható algoritmusok léteznek, amelyek segítségével fel lehet ismerni az emberi bőrszínt, és ennek segítségével a fej és a kéz helyzetét, amelyek általában nincsenek elfedve ruhadarabokkal. Sztereó kamera párokat alkalmazva az ember (pontosabban a fej) 3D pozíciója meghatározható. Több kamera pár figyeli a teljes területet és ezek által belátható tartományok átfedik egymást.

4. ábra

Az ember körvonalának kiemelése a háttérből



5. ábra

A kéz és a fej pozíciójának meghatározása

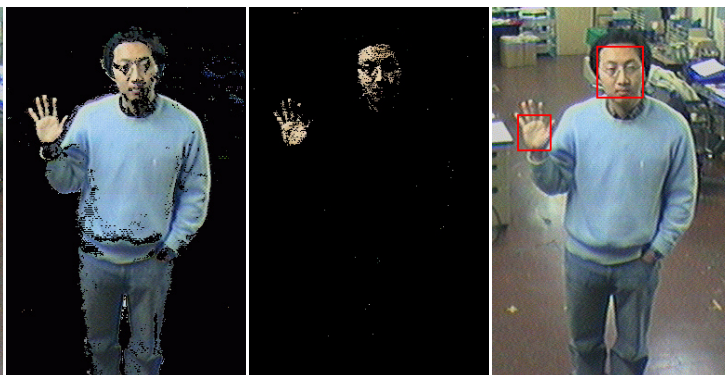


Figure 4: Extraction of human from the background

Figure 5: Localization of hand and face

Emberről követő robot

Az intelligens tér figyeli és tárolja a sétáló ember mozgását. Erre alapozva utasíthat egy robotot, hogy kövesse az embert úgy, mintha egy láthatatlan rugó lenne az ember és a robot között. Ha az ember hirtelen sietni kezd, akkor a robot kicsit lemarad, ha hirtelen leáll, akkor egy kicsit közelebb szalad a robot. A virtuális rugó rugalmasságát és csillapítását változtatni tudjuk.

6. ábra

Az embert kitartóan követő robot

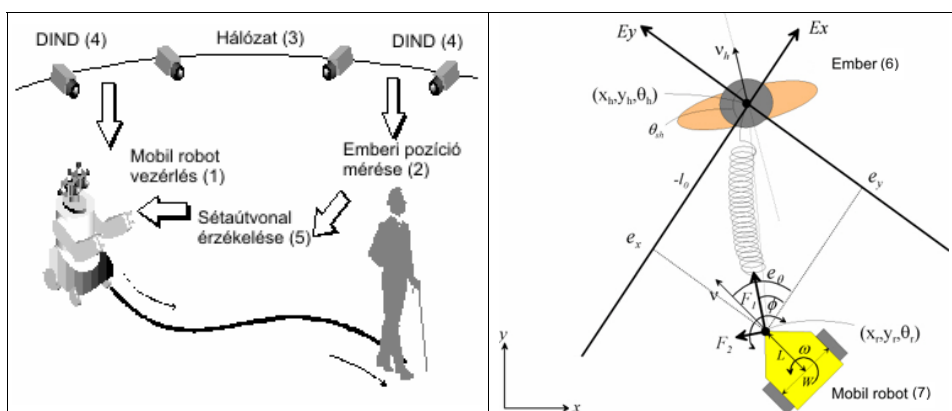


Figure 6: Human following robot

Mobile robot control(1), Human position measurement(2), Network(3), DIND(4), Walking path detection(5) Human(6) Mobile robot(7)

A tér-memória

A tér-memória célja a tér – tevékenység összefüggések felderítése, és ennek alkalmazása az Intelligens tér működésében. A tér – tevékenység összefüggés segíthet annak automatikus feltárásában, hogy a térben tevékenykedőknek mi a céljuk akkor, amikor bizonyos helyeken tartózkodnak. Az így szerzett információ lehetővé teszi, hogy a tér adaptívan megtervezzen és biztosítson szolgáltatásokat a benne tevékenykedők számára. Ez lecsökkenti az intelligens környezetek létrehozásához szükséges időt és pénzt.

A tér – tevékenység összefüggéseket az emberi tevékenységek helyeinek historikus adataiból származtatjuk. A tér-memória lehetővé teszi számítógépes információk és adatok térbeli pozíciókba való elmentését (Niitsuma, 2007). Ez azt jelenti, hogy a polcra a könyvek mellé be tudunk rakni egy filmet, mpeg formátumban. A film természetesen a polcon láthatatlan lesz, de ha meg akarjuk nézni, akkor csak odatesszük a kezünket, ahova a filmet raktuk, és a kivetítő már el is kezdi a lejátszást (7. ábra)

A tér által megtanult pontokat SKT-nek (Spatial Knowledge Tag) nevezzük. Ha az SKT-eket a historikus adatok alapján felügyelet nélküli neurális hálózatokkal klaszterezzük, akkor olyan SKT halmazokat kapunk (8. ábra), amelyek különféle tevékenységek absztrakcióiként értelmezhetőek (Niitsuma, 2007). A 9. ábrán látható egy kétnapos mérés eredménye, ahol a különböző halmazba sorolt SKT-k különböző színnel vannak jelölve. Látható, hogy az egyes tevékenységek egymástól jól elkülönülnek.

Kognitív látás az Intelligens Térben

A kognitív látás a fejlettebb gerinces élőlények látásával és az ott tapasztalt információ feldolgozó struktúrák mérnöki rendszerekbe történő adaptálásával foglalkozik. Ha összehasonlítjuk a hagyományos számítógép alapú illetve biológiai vizuális információ-feldolgozó rendszereket, érdekes eredményt kapunk.

7. ábra

A térmemória koncepciója

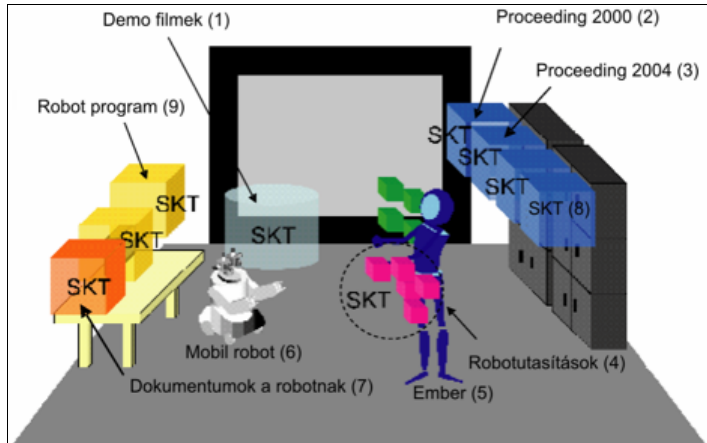


Figure 7: Concept of the spatial memory

Demo movies(1), Proceedings(2,3), Robot commands(5), Mobile robot(6), Documents for robot(7), SKT (Spatial Knowledge Tag)(8), Robot program(9).

8. ábra

A térmemória egy elrendezése

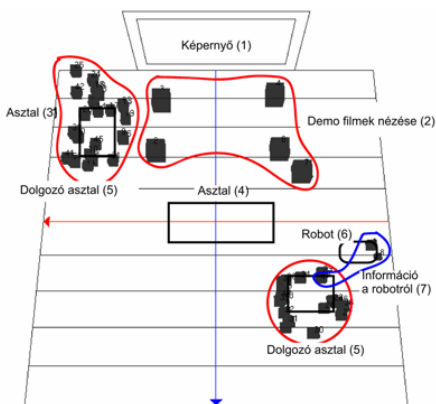


Figure 8: An arrangement of the spatial memory

Screen(1), Watching demo movies(2), Desk (3,4), Working desk(4,5), Robot(6), Information about robot(7).

9. ábra

Csoportosított SKT-k, amelyek zenehallgatást, cikkírást, videózást jelentenek

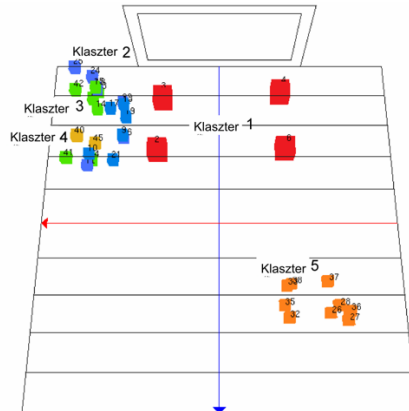


Figure 9: Clustered SKTs that correspond each human activity such as "Listening music", "Writing a paper" and "Watching demo movies" and so on.

Clusters (1-5)

Azt tapasztaljuk, hogy bár a biológiában az információt feldolgozó legkisebb egység (neuron) válaszáideje az ezredmásodperces tartományban van, bonyolult feladatok elvégzése, mint egy macska felismerése, az agy számára egy másodperc alatt elvégezhető. Ezzel szemben egy nagy teljesítményű számítógép, melynek legkisebb feldolgozó egysége (a logikai kapu) a neuronnál 5 milliószor gyorsabb, a fenti feladatot nem, vagy csak nagyon nehezen tudja elvégezni. Mindez azt sugallja, hogy az agy információ-feldolgozó erejének titkát nem az építőelemek erejében, hanem az azokat rendszerbe foglaló hálózat struktúrájában, méretében és bonyolultságában kell keresni.

Az emlős állatok elsődleges látókérgében található sejtei alapján készítettük el azt a modellt, ami a látott képet annak különféle alkotóelemeire bontja fel. Ilyen alkotóelemek a különböző irányultságú (meredekségű) kontúrok, sarkok, kereszteződések. A modell is innen kapta a nevét: Visual Feature Array (*Vizuális leíró tömb*) (VFA). A VFA egy 3 dimenziós tömbként kezelhető, amelynek első két dimenziója a képi koordinátáknak felel meg, míg a harmadik dimenzióján az élek irányát ábrázoljuk. A VFA egy eleme megfeleltethető a látókéreg egy sejtjének. Ha egy adott képi ingerre a látókéreg egy sejtje aktiválódással reagál, akkor ezt a VFA megfelelő eleme magas értékkel reprezentálja (10. ábra).

10. ábra

A VFA szerkezete és tartalma egy háromszög és egy négyszög esetén

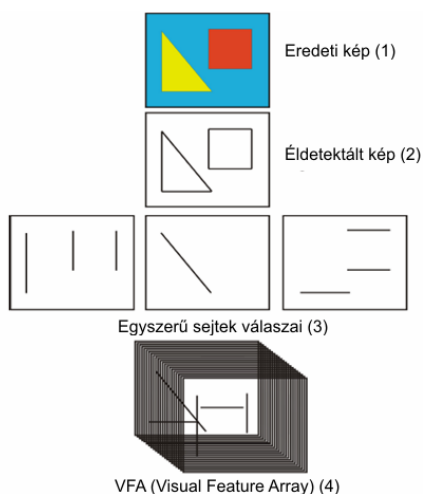


Figure 10: Structure and contents of a VFA in case of a triangle and a square

Original image (1), edge detected image (2), Responses of simple cells (3), VFA (Visual feature array) (4).

A VFA előnye az, hogy további, látókéreg alapú funkciók és modellek hatékonyan tudják bemenetként használni. Az egyik alkalmazás a csomópontok keresése, amely egy adott képi pozícióban több magas érték keresését jelenti az irány szerinti tengelyen. Egy másik megvalósított alkalmazása a VFA-nak az az objektumfelismerő rendszer, amelyet a Berkeley Egyetemen fejlesztettek ki, biológiai alapokon működik és a VFA egy az

egyben képezi annak bemenetét. A megvalósított rendszert az Intelligens Térben robotok, emberek székek és egyéb objektumok felismerésére használtuk.

ÖSSZEFOGLALÁS, LEHETSÉGES ALKALMAZÁSI TERÜLETEK.

Ismeretes, a kamerák, számítástechnikai eszközök ára rohamosan csökken. Egyre több térfigyelő rendszert telepítenek és egyre több emberre lenne szükség, akik a képernyőt figyelve beavatkoznak, ha valamilyen szokatlan eseményt tapasztalnak, de szemben számítástechnikai eszközök árával, a biztonsági személyzet fizetése nem csökken. Jó példa lehet egy bekamerázott bankfiók, ahol a kamerák képét egy olyan szoftver dolgozza fel, amely felismeri, ha a bankot épp ki akarja valaki rabolni. Ennek olyan jelei lehetnek, hogy a tenyerek a fejmagasság fölé emelkednek, vagy épp ellenkezőleg a fejek is és a kezek is a padló szintjére kerülnek. *Korondi (1998)* további szorosan vagy lazán kapcsolódó kutatási témákat sorol fel.

Általános intelligens felügyeleti rendszer

Egy nagy kiterjedésű és összetett felügyeleti rendszer hatalmas területeket - városokat vagy akár egész országokat is lefedhet. Az érzékelők száma több ezerre vagy tízezerre is rúghat attól függően, hogy milyen jellegű információkra van szükségünk. Az általános intelligens felügyeleti rendszer fejlesztése kivitelezhető a ma hozzáférhető eszközökkel. A fenti általános felügyeleti rendszer egyik alkalmazása az i-Épület, amely különböző i-Szobák kombinációi egy egységes rendszerben (*11. ábra*).

11. ábra.

A i-Épület ötlete az intelligens felügyeleti rendszerrel

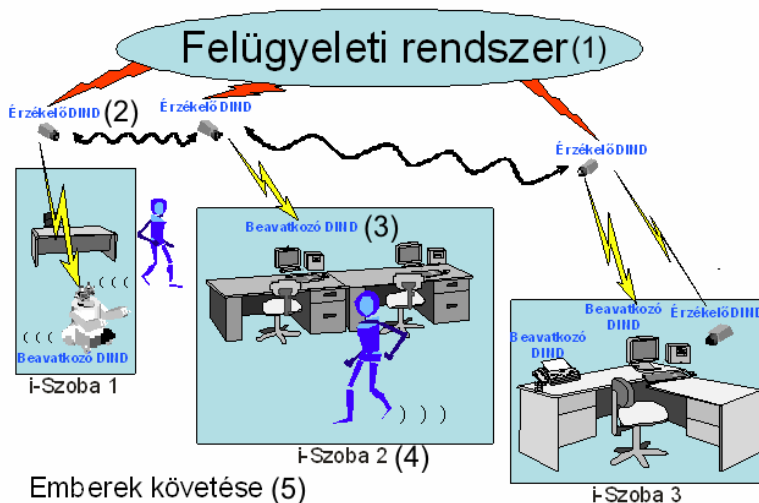


Figure 11: The idea of i-Building using the intelligent supervision system

Supervision system(1), Sensor DIND(2), Actuator DIND(3), i-Room(4), Human tracking(5).

Az események (szokatlan viselkedésformák, behatolók jelenléte) érzékelhetők és a különböző forrásokból szerzett információ összegyűjthető. Például a rendszer egy birtokháborítót érzékel (és azonosít) a szobák egyikében. Ha az azonosított személy a későbbiekben egy másik szobába megy át, a mozgása a felügyeleti rendszer segítségével követhető az egész épületen belül. A megfigyelt területen - ezen információk alapján - a megfelelő lépések kezdeményezhetők. A kritikus események megjeleníthetők a grafikus kezelői felületen, az operátorok azonosíthatják az események forrását, illetve ők is közvetlenül beavatkozhatnak.

E cikket Orwell „1984” című könyvének említésével kezdtük és a záró mondatokkal is erre a műre kell utalnunk. Az intelligens tér olyan távlatot nyithat előttünk, amely sok tekintetben kényelmesebbé teheti az életünket, de egészen biztos, hogy azoknak, akik olvasták Orwell kiváló könyvét, a Nagy Testvér jut eszébe az intelligens tér hallatán. A szerző nagyon reméli, hogy létezik a fejlődésnek olyan iránya, amelyben az Intelligens Tér az embereket szolgálni, és nem megnyomorítani fogja.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikkben ismertetett intelligens tér néhány eleme az OTKA T 034654 pályázat, az MTA „Irányítástechnikai Kutatócsoport”, illetve a Tét/bilat/RO-18/2002 pályázat anyagi támogatásával valósult meg. A szerző köszönetet mond a fenti pályázatokon keresztül kapott anyagi támogatásokért.

IRODALOM

- Ubiquitous Computing (2007). An Interesting New Paradigm by Marcia Riley,
http://www.cc.gatech.edu/classes/cs6751_97_fall/projects/say-cheese/marcia/mfinal.html
- The Ada project (2002). <http://www.ada-exhibition.ch/>
- MIT Project Oxygen (2004). <http://oxygen.lcs.mit.edu/Overview.html>
- Intelligent Office home page (2007). <http://www.theintelligentoffice.com>
- S. Mizik, P. Baranyi, P. Korondi, M. Sugiyama (2002). Virtual Autonom Robot. IEEE 2002 ISIE CD ROM
- P. Korondi, H. Hashimoto, (2003). Intelligent Space, as an Integrated Intelligent System. Keynote paper of International Conference on Electrical Drives and Power Electronics, Proceedings, 24-31.
- P.T. Szemes (2003). Research Activities of Hashimoto Lab
<http://dfs.iis.u-tokyo.ac.jp/Research/smc/index.html>
- S. Mizik, P. Baranyi, P. Korondi, M. Sugiyama (2001). Virtual Training of Vector Function based Guiding Styles. Transactions on Automatic Control and Computer Science, ISSN 1224/600X 46. 60. 1. 81-86.
- P. Korondi (1998). Gondolatok a Tokió Egyetemen folyó mérnökképzésről I-II. rész. (Notes about the education of engineering at The University of Tokyo, part I-II). Electrotechnika, 91. 5. 204-207, és 91. 6. 253-256.
- M. Niitsuma, Hiroshi Hashimoto, Hideki Hashimoto (2007). Spatial Memory as an Aid System for Human Activity in Intelligent Space. Trans. on Industrial Electronics, 54. 2. 1122-1131.
- M. Niitsuma, H. Hashimoto (2007). Extraction of Space-Human Activity Association for Design of Intelligent Environment. Proc. of 2007 IEEE International Conference on Robotics and Automation.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Reskó Barna

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Távközlési és Médiainformatika Tanszék

1117 Budapest, Magyar Tudósok krt 2.

Budapest University of Technology and Economics

Department of Telecommunication and Mediainformatics

H-1117 Budapest, Magyar Tudósok krt 2.

Tel.: 36-1-463-4187 Fax: 36-1-463-3107

e-mail: rbarna@datatrans.hu



Vízgazdálkodás – Természetvédelem – Földhasználat

Horoszné Gulyás M.

Nyugat-Magyarországi Egyetem, Geoinformatikai Kar, Földrendezői Tanszék, 8000 Székesfehérvár, Pirosalma utca 1-3.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az agrárium kutatási területe igen széles spektrumot ölel fel. A különböző szervezetek a saját szakterületükön lévő problémákra fókuszálnak, holott az integrált területi tervezés napjainkban a fenntarthatóság miatt különösen fontos lenne. A WAREMA nevű projekt, amely a Nyugat-Magyarországi Egyetem Geoinformatikai Karán 2006. augusztusában kezdődött el, pont az egységes szemléletet igyekszik elterjeszteni. Elsődleges feladata a Víz Keretirányelv (továbbiakban VKI) alapelvei alapján a társadalom bevonása a döntési folyamatokba, a problémák feltárásánál és a célok kiválasztásánál. Ez éppen ellentétes a hazai gyakorlattal, ahol eddig a hatósági állásfoglalás volt a mérvadó. Az illetékes hatóságok tervezési munkálatainál már a kezdetektől be kell vonni a területen érdekelteket, érintetteket, ahhoz, hogy mindenki számára elfogadható és végrehajtható terveket készítsünk. A védett területeknek már a megfogalmazása, kijelölése is sok kérdést vet fel. Védettség szempontjából elsődlegesen a természetvédelem szempontjai alapján kijelölt területeket értjük, ugyanakkor a VKI más, vízgazdálkodási szempontból védett területeket is megnevez. Az egyik jelentős probléma a földhasználat, hiszen igen sok védett területet valamilyen földhasználat érint, itt nem csupán a mezőgazdasági művelésre, de a vadászatra vagy erdőgazdálkodásra is gondolhatunk. Mindannyiunk jövőjére gondolva igen fontos lenne, hogy a három szakterület problémáit, feladatait, céljait integráltan kezeljük, és ezeket egyesítve vonjuk be a társadalmat a végső tervek elkészítésébe. Ha így teszünk, a jövő generációi is részesülhetnek a természeti értékekből.

(Kulcsszavak: vízgazdálkodás, VKI, társadalom, védettség, földhasználat)

ABSTRACT

Water resources management – Nature protection – Land use

M. Horoszné Gulyás

University of West Hungary, Faculty of Geoinformatics, Department of Land Management
H-8000 Székesfehérvár, Pirosalma utca 1-3.

Water is life. There are many problems with the water quality and quantity and the water requirement is increasing. The Water Framework Directive will impact on every aspect of water use: domestic, industrial, agricultural, leisure and environmental conservation. Besides restrictions on point source discharges, the achievement of good status will mean tackling the problem of diffuse pollution from agriculture and contaminated land. Environmental organisations hope that implementation of the Directive will result in major improvements to the biodiversity of water habitats. The aim of the project WAREMA is to discuss this problems with the stakeholders and together make an integrated spatial planning concept.

BEVEZETÉS

Bolygónkon a víz az élet egyik alapeleme. Ez az értékes természeti kincs nemcsak az ember pusztá létének, hanem minden gazdasági tevékenységének is előfeltétele, mégis világszerte számos területen okoz gondot a vízkészletek korlátozott volta.

Európa vízellátottsága a világ számos területéhez képest kedvező, a kontinens általános vízhiánytól nem szenved és rendkívüli vízproblémák, mint aszályok és árvizek is ritkábban jelentkeznek, mint a többi a kontinensen. A kérdés közelebbi vizsgálata azonban jelzi, hogy Európa vizeinek minősége távolról sem tekinthető kielégítőnek.

A vízkészletekkel szemben jelentkező számos és egyre növekvő igény miatt ezek csak hatékony jogi szabályozással őrizhetők meg a jövő nemzedékek számára.

VÍZGAZDÁLKODÁS HAZÁNKBAN

Társadalmi részvétel

A demokratikus változásokat megelőzően több esetben a tájékoztatás hiánya a társadalom többségét kizárta a véleménynyilvánítás lehetőségéből, ugyanakkor a kizárólag állami felelősségi körbe tartozó vízkészlet-gazdálkodás az állampolgárokat és a gazdasági szervezeteket felmentette a gazdálkodás felelőssége alól. A vízkészletek hosszú távú hasznosítási és környezetvédelmi érdekei megkövetelik, hogy a készletek felhasználásának körülményeiről a társadalom nyilvános, hiteles és szakmailag megalapozott tájékoztatást kapjon. A nagyobb jelentőségű vízgazdálkodási beavatkozáskor csak a változásokat mérlegelő környezeti hatástanulmány és költség-haszon (kockázat) elemzés figyelembevételével készíthetők elő a javaslatok, majd társadalmi-gazdasági konszenzus alapján hozható meg a végső döntés.

A törvény általános rendelkezései között kimondja, hogy a törvény célja biztosítani: a lakosság kezdeményezését és részvételét a környezetvédelemre irányuló tevékenységben, az állami szerveknek és az önkormányzatoknak a környezet védelmével összefüggő feladatai ellátásában.

A társadalomnak igényei vannak a vízügyi feladatokat ellátó szervezetekkel szemben, ugyanakkor meghatározza azok kielégítésének alapvető körülményeit is. Ahhoz, hogy megismerjük a - vízgazdálkodás fejlesztését meghatározó – feltételrendszert, indokolt számba venni a vízzel kapcsolatos társadalmi elvárásokat, a társadalmi kapcsolatokat, valamint a jogi környezetet, közigazgatási viszonyokat.

A magyar társadalom különösen érzékeny a vizekkel kapcsolatos problémákra. Ez részben a múlt századi nagy - szabályozások előtti - dunai és tiszai árvizek történelmi emlékeihez kötődik. A társadalom megszokta - különösen a folyószabályozások és a közműves vízellátás általánossá tétele után - a vizekkel kapcsolatos állami gondoskodást. A társadalom előtt nem vált ismertté, hogy a vízkészletek kutatása, feltárása, kezelése, áthelyezése és megfelelő helyen, illetve időben történő biztosítása bonyolult tudományos, műszaki és jogi problémák sorozata, ráadásul a legköltségesebb infrastrukturális területek egyike. Ezt a helyzetet megváltoztatta:

- a vízkészletek végetségének lassú tudatosodása, amelyet jelez az 1980-as végének, az 1990-es évek elejének tartós csapadékhánya, aszálya és a felszín alatti vizek - a közhiedelemmel ellentétes - nagyfokú sérülékenysége,
- a súlyos vízkárok jelentkezése és az eredményes kárelhárítási tevékenység,
- a környezeti károkkal szembeni érzékenység fokozódása,
- a vízzel kapcsolatos szolgáltatások piaci értéken való megjelenése.

A vízgazdálkodási igények a társadalom, illetve a nemzetgazdaság különböző helyein jelennek meg, mint szükségletek, vagy mint biztonsági igények, minőségi elvárások. Ahhoz, hogy a társadalom aktívan részt tudjon venni a kárelhárításban, vagy megelőzésben, megfelelő tájékozottsággal kell rendelkeznie. A víz használatának lehetőségeit (pl. öntözésre, ivóvíz-ellátásra) szinte napra készen kell az igénylőkkel ismertetni. A vízügyi szolgálat és az ellátásáért felelős egyéb szervek feladata a - műszaki, gazdasági, jogi - megoldások szakmai megalapozása. Indokolt azonban, hogy a döntések meghozatala előtt az érintett lakosság - a tájékoztatás révén - érdemben beleszólhasson a rá vonatkozó ügyekbe. A szakmai szolgálat és a társadalmi tényezők közötti szervezett kapcsolat többszintű és kétirányú:

- törvények, országos érvényű rendeletek, közigazgatási intézkedések,
- a szolgálat részéről adott tájékoztatások, népszerű megfogalmazású kiadványok,
- érdekeltségi alapon létrehozott társulatok keretében folyó kollektív döntési, ellenőrzési, tájékoztató munkák,
- érdekvédelmi célból létrehozott civil szervezetek, bizottságok, tanácsok működése,
- a vízügyi szolgálat - sokszor a helyi hatóságokkal és szervezetekkel együtt végzett-tájékoztató és véleményformáló (PR) munkája.

A társadalom víz- és környezet-tudata az elmúlt években jelentős mértékben fejlődött, nem érvényesül azonban igazán azért, mert az emberek számára a gazdasági nehézségek miatt más problémák megoldása magasabb prioritású, mint a víz- és a környezet-védelem. A konfliktuskezelés egyik legfontosabb módszere a társadalom bevonása a döntési folyamatokba. Ennek a tudatossága már kialakult, azonban a társadalom hatékony bevonását és a konfliktusok feloldását valóban jól szolgáló módszerek elterjedése éppen csak elkezdődött. Nem alakult még ki kellő mértékben az a felismerés Magyarországon, hogy a társadalom bevonása a döntésekbe - bár költséges tevékenység - a befektetett energia és költség megtérül.

A Víz Keretirányelv (VKI) története

Az Európai Közösségek vízpolitikájának újragondolása már az 1980-as évek végén megkezdődött. Jóllehet a kontinens vízellátottsága a világ számos más részéhez képest kedvező, Európa vizeinek minősége távolról sem kielégítő. Bár korábban is történt előrelépés a jogi szabályozás terén, az 1988-ban, Frankfurtban tartott miniszteri szeminárium következtetése rávilágítottak az ökológiai minőséget lefedő közösségi joganyag szükségességére. A következő lökést a Hágában, 1991-ben a felszín alatti vizekről tartott miniszteri szeminárium hozta. Ennek során kinyilvánították, hogy cselekvésre van szükség a felszín alatti vizek hosszú távú minőségi és mennyiségi leromlásának elkerüléséhez, és szükségesnek tartottak egy 2000-ig végrehajtandó cselekvési programot az édesvíz-készletekkel történő fenntartható gazdálkodás és azok védelmének céljából (Gayer, 2005). Az Európai Tanács 1995. december 18-án elfogadott következtetése többek között egy új keret-jellegű irányelv felvázolását kívánták meg a fenntartható vízvédelmi politika alapelveinek meghatározására és az Európai Bizottságot egy olyan javaslat kidolgozására kérték fel, mely összhangban áll az állampolgárok, a civil szervezetek és más érdekelt intézmények vízzel kapcsolatos elvárásaival. A folyamat fontos állomása volt az 1996-os brüsszeli Víz Konferencia, melyen az EU intézményein és a tagországok képviselőin kívül számos úgynevezett „érdekelt”, azaz civil szervezetek, az ipar és a mezőgazdaság szereplői, fogyasztók és környezetvédők képviselői vettek részt. A konferencia ajánlásait elfogadva a Bizottság megkezdte az EU vizes szabályozásának átalakítását.

A VKI előírásai

A Vízkormánytervezet (VKI) minden vizet védelem alá helyez azzal a kötelezéssel, hogy Európában 2015-re fenntartható vízhasználat mellett minden víz feleljen meg a „jó állapot” követelményeinek. A cél eléréséhez szükséges jogi háttér kidolgozásában több száz, az ipar, a mezőgazdaság, a környezet- és fogyasztóvédelem területéről, valamint helyi és országos hatóságoktól meghívott szakértő vett részt. Bevonásuk lényeges, mert a tevékenységek széles köre vízhasználattal jár, ezért ők a legilletékesebbek arra, hogy álláspontjukat kifejtsek egy olyan politika kialakítása során, amely mindnyájunkat egyaránt érint. Így alakult ki az a széleskörű megállapodás, amely rögzíti a VKI célkitűzéseit, rendelkezéseit, és határidőkhöz köti azok megvalósulását. Ez a megállapodás 2000. december 22-én emelkedett hatályba. Az Irányelv megköveteli az érintett országok együttműködését és fokozott részvétellel ösztönzi az állampolgárokat, a nem-kormányzati szervezeteket és a különféle szintű hatóságokat, elősegítve ezzel a szoros ütemterv tartását.

A VKI előírása vízgyűjtő gazdálkodási terv készítését írja elő. Ezek a tervek egyes vízgyűjtőkre készülnek és valósulnak meg, vagyis azokra a természetes geológiai és hidrológiai egységekre, amelyekben a felvízi és alvízi érdekek, a helyi, regionális, országos hatóságok, valamint az érintettek találkoznak (*Vízkormánytervezet*, 2002).

A Vízkormánytervezet előírásai szerint az Európai Unió tagállamaiban 2015-ig jó állapotba kell hozni minden olyan felszíni és felszín alatti vizet, amelyek esetén ez egyáltalán lehetséges és fenntarthatóvá kell tenni a jó állapotot. A Vízkormánytervezet előírásai szerint a fő környezeti célkitűzés:

- a felszíni és a felszín alatti vizek jó állapotának elérése legkésőbb 2015-ig és
- a vizek állapota romlásának megelőzése (www.euvki.hu).

A Vízkormánytervezet hatálya minden olyan emberi tevékenységre kiterjed, amely jelentős mértékben kedvezőtlenül befolyásolhatja a vizek állapotát és így akadályozhatja a vizek jó állapotának elérését, illetve megőrzését.

A Vízkormánytervezet egyes esetekben lehetőséget ad kevésbé szigorú környezeti célkitűzések megfogalmazására és későbbi határidők kijelölésére. Kevésbé szigorú környezeti célkitűzések is megállapíthatók akkor, ha

- egy víztestet olyan mértékben befolyásol az emberi tevékenység, vagy
- annak természetes viszonyai olyanok, hogy jó állapotát lehetetlen vagy csak ésszerűtlenül költséges módon lehet elérni.

A kevésbé szigorú környezeti célkitűzéseket alaposan indokolni kell és minden gyakorlati lépést meg kell tenni a vizek állapota további romlásának megelőzésére.

A VKI és a társadalom

A Vízkormánytervezet egyik nagyon lényeges előírása az, hogy a társadalmat a folyamat kezdetétől a végéig be kell vonni a vízgyűjtő gazdálkodási tervek készítésébe és a tervek megvalósításának ellenőrzésébe is. A társadalom elé nem lehet kiállni azzal, hogy a vízgyűjtő gazdálkodási tervek csak a költséges vízvédelmi intézkedésekkel foglalkoznak. A hazai irányelvek alapján az elmúlt években készült vízgyűjtő gazdálkodási tervek társadalmi vitái is azt mutatták, hogy a társadalom képviselői a tervekben a számukra legégetőbb vízgazdálkodási problémák (árvízvédelem, belvízvédelem, öntözés, vízparti szabadidő eltöltés, víztáj-védelem stb.) megoldására tervezett intézkedéseket keresték, és csak ezekkel együtt fogadták el a vízi- környezeti károk elhárítására/megelőzésére tervezett intézkedéseket.

TERMÉSZETVÉDELEM

Az emberiség történetének egyik nagy ellentmondása az a kapcsolat, ami az ember és a természet között évezredek alatt kialakult. Kezdetben az ember csak kicsiny részlete volt az őt körülvevő természetnek, ám fejlődésével, elszaporodásával egyre inkább leigázta azt. Ehhez hosszú idő kellett, napjainkban éreztünk el ahhoz a határhoz, amikor már nem elegendő a veszélyek felismerése, hanem gátat is kell vetni a természet további rombolásának.

A természetvédelem, mint fogalom meghatározása sokféle lehet. Jelen írásban olyasfajta védelemmel foglalkozom, amit újabban „természetmegőrzés”-nek is neveznek, vagyis nem szigorúan a védelemre helyezem a hangsúlyt, hanem inkább olyan stratégia kialakítására, ahol a természet valamilyen szintű emberi beavatkozással megőrizhető eredetihez hasonló állapotában. Ennek fontos része a víz kérdése, hiszen mint tudjuk a víz élet és mindennek az alapját is jelenti.

A természetvédelem tárgya sok lehet (Rakonczay, 1995):

- földtani érték: barlang, sziklaalakzat, őskövellet, kőzetfeltárás, hegy, völgy, sziget, puszta, talaj, kunhalom
- víztani érték: forrás, folyóvíz, vizesés, tó, halastó, fertő, mocsár, láp, turján
- növénytani érték: növénytársulások és növényfajok védelme
- állattani érték
- tájképi érték
- kultúrtörténeti érték

A Velencei-tó vízgyűjtője különleges helyet foglal el a magyarországi vízgyűjtők sorában a védettségeket tekintve. A természetvédelemnek kiemelt jelentősége van a területen, hiszen számos védettségi típus található a vízgyűjtőn (1. ábra).

1. ábra

A Velencei-tó vízgyűjtőjén lévő országos és helyi jelentőségű védett, illetve védelemre tervezett területek

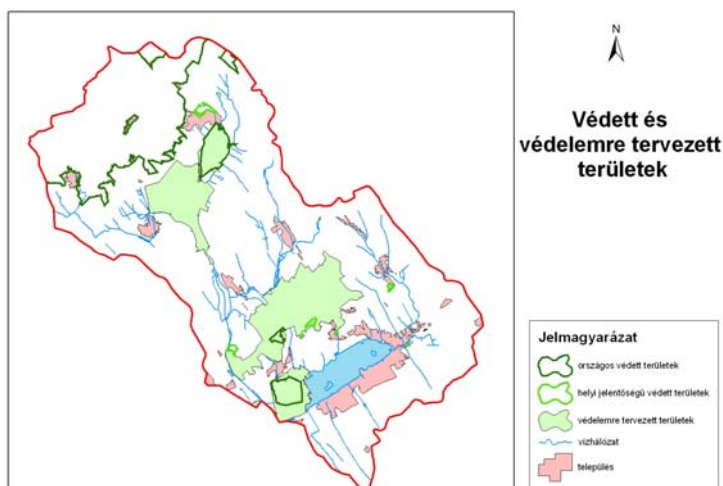


Figure 1: Protected areas in the catchment of Lake Velence

Földtani értékek közül a barlangokat tekintve igen gazdag a terület, hiszen 28 barlang található a vízgyűjtőn, elsősorban a Vértes területén. Az pákozdi (sukorói) ingókövek, illetve a pázmándi kvarcitsziklák is ide tartoznak. A víztani értékek közül kiemelkedik maga a Velencei-tó, illetve a Dinnyési Fertő. Növény- és állattani ritkaságok is megtalálhatók a területen, ennek jelentőségét mutatja, hogy fajvédelmi és élőhelyvédelmi területek kijelölésére is sor került (2. ábra).

2. ábra

A Velencei-tó vízgyűjtőjén lévő élőhelyvédelmi (sci) és madárvédelmi (spa) kijelölt területek

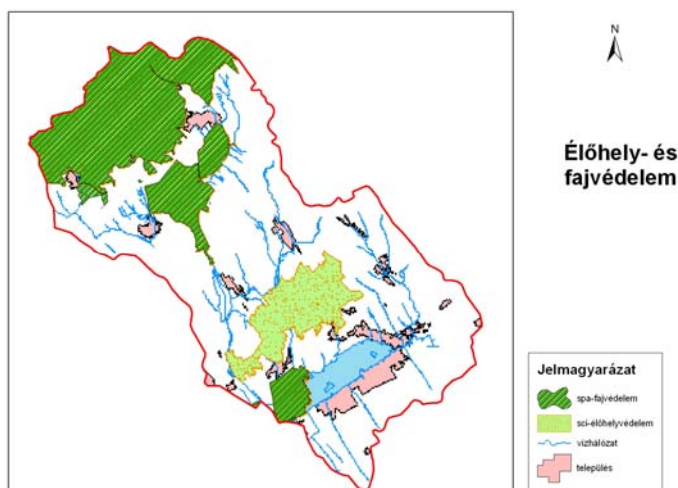


Figure 2: Nature2000 areas in the cathment of Lake Velence

Ezek közül védetség időtartama szempontjából mindenképpen kiemelkedik a Velencei Madárrezervátum, amit 1958-ban nyilvánítottak védett területnek, tehát 2008-ban lesz 50 éves. A terület érdekessége geológiai, földtani szempontból az is, hogy többféle kőzet előfordul, sőt igen nagy területeken megtalálható, így a Vértes karsztos tömbje (mészkő, dolomit) és a Velencei-hegység mélységi magmás, gránitos alapkőzete. Mindezen földtani értékek védettek (Vértes TK és az ingókövek, kvarcitsziklák a Velencei-hegységben), de maga a Velencei-tó is ex lege védett, hiszen szikes és lápos tóról van szó. Nemzetközi védetségű területek is megtalálhatóak a területen, ilyen a Ramsari-területek közé tartozó madárrezervátum és a Dinnyési Fertő, bár ez utóbbi vízgyűjtő-lehatárolás szempontjából nem a vízgyűjtőhöz tartozik, de vízgazdálkodási és természetvédelmi szempontból mindenképpen oda sorolható. Natura2000 terület a Zámolyi-medence, a madárrezervátum és a fertő. Az EU Madárvédelmi irányelvének (92/43/EEC, Wild Bird Directive) értelmében ún. SPA, tehát a Különleges Madárvédelmi Területek, illetve az EU Vadon élő állat- és növényfajok élőhelyeinek védelméről szóló irányelve (79/409/EEC, Habitats Directive) alapján ún. SCI területek kijelölésére is sor került. Mindezeket a területeket összekapcsolják az ökológiai folyosók.

FÖLDHASZNÁLAT

Az emberi élet színtere a környezet, aminek egyik eleme a domborzat, vagyis a hegységek, dombságok, völgysek és síkságok. A különböző domborzati viszonyok eltérő módon befolyásolták a településformák, a közlekedés, valamint a mezőgazdaság alakulását (Dömsödi, 2006).

A tájszerkezet kialakulásában és változásában a legmeghatározóbb a földhasználat, mert egyrészt a művelési ágak fokozatosan alakulnak ki, másrészt a művelési ágak aránya állandóan változik. Napjainkban is igen jelentős változások következnek be a tájban, ennek három hatása van: a társadalomra, a gazdaságra és az ökológiára gyakorolt hatás. A rendszerváltozás után a termőföldnek kb. 80%-a magántulajdonba került, ugyanakkor a több százezer földtulajdonos 80%-a 1 hektárnál kisebb földtulajdonnal rendelkezett. Bár hazánk mintegy 60%-a szántóterület, a szántóknak csupán kb. 2/3 része alkalmas a versenyképes gazdálkodásra, ezért kb. 1,5 millió hektár szántót át kéne alakítani, gyepeket és erdőket kellene létrehozni. A környezet- a természet- és a tájvédelem céljait integrálni kell, amely a mezőgazdasági és a természetvédelmi földhasználat összehangolását igényli. A védelmi és termelési célú földhasználat összehangolása érdekében földhasználati zónarendszert kell kialakítani. Ezt be kell építeni a rendezési tervek készítési folyamatába, hiszen a rendszerváltás után a településeknek nemcsak a belterületükre, hanem a külterületekre is kiterjednek a rendezési terv kötelezettségei.

Egy térség tájgazdálkodási stratégiájának kidolgozása területi adottságainak feltárásán és ezen adottságok gazdasági és környezeti szempontú értékelésén kell hogy alapuljon. Ezt kell egybevetni az aktuális környezethasználati rendszerrel. Az adottságok és a tényleges helyzet egybevetésével tárhatók fel azok a földhasználati konfliktusok, amelyek feloldásával lehet a térség ökológiai alapú fejlődését biztosítani. Ez úgy állít elő értékes, piacképes termékeket, javakat és szolgáltatásokat, hogy közben megőrzi a tájat, az élővilágot, a környezetet és benne az embert és közösségeit. Ezt nem csupán az Európai folyamatok indokolják, hanem belső fejlődésünk, a mezőgazdaság, a természetvédelem és a vidékfejlesztés összehangolása iránti növekvő igény is sürgeti. Ennek egyik alapvető feltétele az, hogy a földet mindenütt arra és olyan intenzitással használjuk, amire az a legalkalmasabb, illetve amit képes károsodása nélkül elviselni. Mindezek érdekében:

- meg kell határozni a térség földhasználati zónabeosztását, valamint az agrárkörnyezeti programjai célterületeit, és
- elemezni szükséges a földhasználati rendszer és agrárkörnyezeti programok vidékfejlesztési, területfejlesztési, területi tervezési következményeit.

A projekt – WAREMA

(*Water Resources Management in Protected Areas - Vízkészlet-gazdálkodás védett területeken*)

Hogyan tud ebbe egy projekt bekapcsolódni? A VKI előírásainak megfelelően a társadalom, az érintett szereplők részvételének előmozdítása a fő cél.

A projekt 2006.06.01 – 2008.05.05 közötti időtartamot ölel fel, ami azért is előnyös, mert így a hazai hatósági munka elősegítésére szolgál a társadalom bevonásának tekintetében.

Az együttműködésben négy Európai Unió tagállam vesz részt; mint vezető partner Olaszország egy, Görögország kettő, míg Csehország egy szervezettel kapcsolódott be a munkába. Magyarország két intézménnyel képviselteti magát: a Nyugat-Magyarországi Egyetem Geoinformatikai Karral és a Fejér Megyei Agrárkamarával.

A javaslatok kidolgozásához minden egyes partnernél egy teszterület került kijelölésre, melyen keresztül a vízgazdálkodást elemezni kell. Magyarország esetében a Velencei-tóra esett a választás. A vizsgálat kapcsán ki kell térni arra, hogy a helyi érintettekkel együttműködve hogyan lehetne egy olyan vízgazdálkodást létrehozni, mely beépíthető a védett területek (pl. Ramsar, Natura 2000, NVT Érzékeny Természeti Területek Programja) és a VKI rendszerébe.

A hazai mintaterület, a Velencei-tó vízgyűjtője

A Velencei-tó hazánk harmadik legnagyobb természetes tava. Nemzetgazdasági, idegenforgalmi szempontból azonban a Balaton után kétségtelenül a második helyet foglalja el. Jelentős célpont mind a belföldi, mind a külföldi turizmus szempontjából.

A tó különleges adottságokkal rendelkezik, nádasokkal tarkított sekélyvizű és ezért a nyári időszakban gyorsan felmelegedő és fürdőzésre alkalmas. Mindezek mellett a külföldi vendégek esetében különösen fontos szerepet tulajdoníthatunk a tó évek óta javuló vízminőségének.

A tájképi elemekben is gazdag Velencei-tó vízgyűjtője kimagasló érték a magyar állam számára, ez kifejezésre is jutott a Vértes tájvédelmi körzeté nyilvánításában (védett területei a Haraszt-hegy, Fáni-völgy, Pátrácos bükkös, Csíkvarpai-rét, sasbércek, kőfülkék), a Velencei-tó–Vértes üdülőkörzet létrehozásában, illetve a számtalan arborétum létesítésében. A Velencei-tó déli partján Agárdon 1977-ben termálvizet tártak fel. Turisztikai kínálatot bővítő hatása és az idejny meghosszabbító szerepe miatt különleges értéket képvisel. A védett területek további bővítésének előkészítő munkálatai folynak. Rövid távon bővíthet a Madárrezervátum területe, védetté válhat a Császár-víz völgye – a Vértestől a Dinnyési Fertőig húzódó zöldfolyosó. Új természetvédelmi terület lesz a Zámolyi-tározó és közvetlen környéke. Hosszabb távon a Dinnyési-Fertő bővítését és a Velencei-hegység védelmét is tervezik.

A mintaterület főbb adatai

A Velencei-tó a Velencei-hegység lábánál lévő lapos, délnyugat-északkeleti irányú süllyedékben elhelyezkedő állóvíz. Sekély tóról van szó, átlagos vízmélysége mindössze 189 cm. Hosszúsága 10,8 km, átlagos szélessége 2,3 km.

A tóhoz viszonylag nagy vízgyűjtő terület tartozik. A tó teljes vízfelülete 160 centiméteres agárdi vízmérce-állásnál (vízmérce "0"=102,615 m.B.f.) 24,2 km², a vízgyűjtő terület a tó területének megközelítőleg huszonötszöröse, 602,2 km² - ez az érték magában foglalja a tó felszínét.

A vízgyűjtő természetföldrajzi viszonyai

A Velencei-tó vízgyűjtő területét domborzatilag a sokszínűség jellemzi, ami megmutatkozik a különböző korú és felépítésű hegységi, dombsági és síksági területeiben.

A vízgyűjtő terület a Vértes-hegység délkeleti lejtőjére, a Zámolyi-medencére, a Velencei-hegységre és a Velencei-tó medencéjére terjed ki.

A Velencei-tó medencéje mintegy 80 km² kiterjedésű. Átlagos tengerszint feletti magassága 104 és 163 méter között változik. A tájképet az enyhén hullámos síkságok, illetve a rossz lefolyású alacsony síkságok jellemzik. Legjellegzetesebb formái a tó legmagasabb egykori vízállásához igazodó tavi turzasképződmények. A tóhoz északról kisebb teraszos völgyek kapcsolódnak. A tómedencét délről és keletről mély talajvízű löszös síkság zárja körül. A tó északi partját lealacsonyodó, eróziós-deráziós völgyekkel tagolt dombság jellemzi.

A Velencei-tó vízgyűjtő területén a természetes növényvilág igen változatos. Ez a földtani felépítésből adódik, hiszen a két hegység alapkőzete, így talajadottságai is erősen eltérnek egymástól. Ezek a különbségek a növényborítottságban is megmutatkoznak.

A Vértes flórája változatosabb, mint a Velencei-hegységé. A hegységben nemcsak mészkő-, dolomit- és lösztakaró fordul elő, hanem homoktalaj is (főleg nyugaton, északnyugaton). A déli lejtők mediterrán, a szurdokvölgyek alhavas jellegűek, nyugati oldalán pedig atlantikus klímahatások érvényesülnek. A Vértes keleti oldalán a homok hiányzik és mindent a lösz foglal el. Ennek nagy része már mezőgazdasági talajjá alakult át. A felszínen csak kisebb területeken jelenik meg a csupasz mészkő. A Vértesben csaknem egybefüggő erdőtakaró van, amelynek leggyakoribb eleme a cseres tölgyes. A bányaművelések hatására az eredeti felszínt ma gyakran a külfejtések bányagödrei, meddőhányók tarkítják.

A Velencei-hegységben teljesen más kép fogad minket. A grániton a kőzetmálladék, a termőtalaj kevés, így a hegység déli lejtői kopárak, és csak egy részüket sikerült erdősíteni. Az északi lejtők jelentős részét erdő borítja és a lesodort kőzetréteg jó termőtalajjá érett. Mivel a gránitban nincs mész, ezért a rajta kialakult málladéktakaró, termőtalaj is mésztelen. A rajta megtelepülő növényzet tehát mészkerülő. A bányászat emlékei itt is megtalálhatók kisebb bányagödörök képében. A Velencei-hegységre a jelenlegi területhasználat több területen jelent veszélyforrásokat: az agrárhasználat megnöveli az erózióveszélyt, a talajérték csökken, a tájkép minősége romlik, a természetes növényzet diverzitása csökken, a vízrendszer átalakul, a levegőcsere megváltozik.

A vízgyűjtő mintegy felét lefedő szántók elhelyezkedését a talajok és a lejtésviszonyok határozták meg. Így ezek főleg a medencékben, a mérsékelt lejtésű, szelídebb dombvidékeken valósultak meg. A szántóművelés jelenleg is zömében nagyüzemi módon történik, ami azt jelenti, hogy a földeken nagy gépekre jellemző technológiával és mélyművelés alkalmazásával végzik a művelést. A terület jelentős részén az elmúlt évtizedekben meliorációs beavatkozások is bekövetkeztek, melyek fő célja a víz helyben tartása és a talajerózió csökkentése, ezáltal a termőképesség növelése volt. A mélyművelés – növelve a feltalaj vízbefogadó kapacitását – csökkenti a lefolyásra kerülő víz mennyiségét, így jelentős hatást gyakorol a vízgyűjtő lefolyási viszonyaira.

A szőlők és gyümölcsösök együttesen alig 1%-ot képviselnek a területen. A telepített fafaj többnyire kajszi és alma.

A rétek és legelők részesedése mintegy 10%. Legelőterületként a legrosszabb minőségű termőterületeket hasznosítják, a természetes állapotú rétek elsősorban völgytalpknál, tisztásoknál fordulnak elő.

Az erdők 26%-át foglalják el a vízgyűjtő területnek. A Vértesben a cseres tölgyes az uralkodó faj, a Velencei-hegységben a molyhos tölgy és a kocsánytalan tölgy. Nevezetes, ritka fája a magyar tölgy, amellyel a Meleg-hegy környékén és a hegység Pátka felőli oldalán találkozhatunk.

A nádasok 2,7%-kal részesednek a területből. A nádasmezők szinte kizárólag a tó közvetlen partvidékére (kiszívófolyások torkolata) korlátozódnak.

A művelés alól kivont területek – kevés kivételtől eltekintve – a településeket, ipari létesítményeket foglalják magukban, a teljes terület mintegy 9,5%-án.

A vízgyűjtőt szolid esésviszonyok jellemzik. A 0-5% közötti lejtőkategóriába tartozik a vízgyűjtő 62%-a és ha számba vesszük a belterületeket is, ez az arány 2/3-ot tesz ki. A viszonylag kis eséskategóriát jelentő 5-12% közötti területek is 19%-ot tesznek ki és így gyakorlatilag 1/5-ét sem teszik ki a vízgyűjtőn a nagyobb esésű területek és ezen belül a hegyvidéki jelleg csak 2,7% arányú területre jellemző.

A Vértes túlnyomórészt dolomitos, mészköves felszínén, a hegygerinceken és a fennsíkokon a közethatású talajok fő típusba tartozó rendzinák képződtek az erdők vagy a kopár sziklás legelők alatt, lösszel fedett részein pedig a barna erdőtalajok fő típusba tartozó barnaföldek és agyagbemosódásos barna erdőtalajok alakultak ki. A közethatású talajok vízgazdálkodása szélsőséges.

A Velencei-hegység alapvetően eltér a többi tájtól, mert a talajképző kőzetek közt megtalálhatók a gránit és az andezit, valamint az agyagpalák. A különböző korú kőzeteket fiatal lösz és homok borította be. Az erősen tagolt felszín és az erős erózió miatt anyaguk keveredett a lejtőhordalékokban. Ott, ahol a gránit van a felszínen, agyagbemosódásos barna erdőtalajok, rankerek és váz talajok képződtek, míg az andezites és agyagpalás kőzeteken ezeken kívül barnaföld keletkezett. Ezek termékenységét a gránittörmelék mennyisége és a szálban álló gránit felszínhez való közelsége szabja meg. A hegység, illetve a Velencei-tó déli részén, a löszdombok közötti széles lapos völgyekben homokos, löszös üledékeken *barnaföldek* és *csernozjom barna erdőtalajok* képződtek. A barna erdőtalajok fő típusba tartozó csernozjom barna erdőtalajok vízgazdálkodása kedvező, mert a közepes vízáteresztő képességhez jó víztartó képesség társul. E területek egyes helyein a felszínhez közeli rétegekben gyakoriak a kőpaddá is összeálló erős karbonát-felhalmozódásos szintek.

A Vértes az ország egyik vizekben legszegényebb hegysége. A dolomit nehezen oldódik és mállik, nem keletkeznek benne tágas járatok, amelyek a leszivárgó felszíni és csapadékvizeket egyesíthetnék, ezért ezek a vizek általában nem bukkannak fel bővizű karsztforrásokban. A kőzet finom hasadékaiba szivárgó víz szétoszolva a hegység lábánál, zizenyős területek formájában kerül napvilágra. Ilyen volt régen a Csákvár alatti tó, amely azonban feliszapolódott, feltöltődött és ma már csak az időnként nedves Nagy-tó-rét emlékeztet rá. A felszíni vizek közül az állandó vízfolyások a hegység belsejében csaknem teljesen hiányoznak, csak a peremeken indulnak kisebb patakok. Ezek közül a Császár-víz a vízgyűjtő terület meghatározó vízfolyása. A Császár-víz Csákvárnál ered és a Burján-árok (Zámolynál beletorkollik a Forrás-patak és a Csákberénynél eredő Zámolyi-víz), valamint a Lovasberény, Pátka vizeit összegyűjtő Rovákja-patakkal egyesülve a Velencei-tóba torkollik. Az 1970-es években két tározót (Zámolyi- és Pátkai-tározó) létesítettek a Császár-vízen. A tápláló források egyike sem bővizű. Ráadásul a régebben bővebb vízü források (pl. Zámolyi-forrás) a bányászattal kapcsolatos vízkiemelés okozta karsztvízszint-süllyedés következtében lényegében kiapadtak. A csákvári Árpád-forrás az útszélesítéskor szűnt meg. Még meglévő források: Vérteskozma közelében a Kaszap-kút, a kápolnapusztai Vörösmarty-forrás, a Mátyás-kút és a Szarvas-kút.

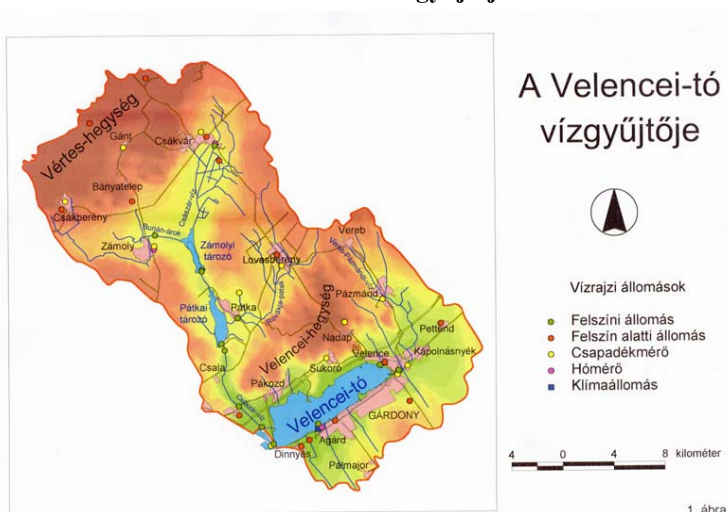
A Velencei-tó északi partjának nagyobb vízfolyása még a Vereb-Pázmándi-víz (Bágyom-patak). Kápolnásnyéken átfolyva és a Cibulka-patakkal egyesülve a velencei strand mellett ömlik a tóba. További vízfolyások a Bella- és a Lapos-völgyi (vagy Lápos, régen Göbölküti)-patak, a Száraz-árok; a Sukoróról folyó Koldus-árok, a Sukorói-ér, a Halas-tói-árok, és a Velencénél beömlő Csontréti-patak. Ezek a vízfolyások azonban szélsőséges vízháztartásúak, általában csak igen csapadékos időszakban szállítanak vizet. A tó déli partján jelentősebb vízfolyás a Dinnyési-határárok és a Gárdonyi (Bikavölgyi)-patak. Ezek szintén általában száraz medrűek.

A Velencei-hegységben állandóbb vízü források is fakadnak: legnevezetesebb a Meleg-hegytől délnyugatra eredő Angelika-forrás, a Barlang-kút, Sukorótól északnyugatra a Felső-Csepegő-forrás, északkeletre a Szücs (borjú)-kút, illetve a Pázmándi-forrás. A források keletkezése szempontjából döntő adottság, hogy a gránit maga vízzáró, de a felszínen levő vékony, mállott gránitréteg vízvezető. A források vízhozama azonban igen kicsi, sőt legtöbbször nem is hoznak vizet.

A vízgyűjtő területen a legnagyobb állóvíz, a Velencei-tó egyben hazánk harmadik legnagyobb természetes tava. A pleisztocén végén jött létre úgy, hogy két párhuzamos törésvonal között a földkéreg lesüllyedt. Az így kialakult árkos mélyedést a viharos szelek tovább mélyítették, később pedig a felszíni vizek töltögették. Korábban a nyugati részén egy nagyobb tó is elterült (Nádas-tó), ezt azonban a Császár-víz teljesen feltöltötte. Két tározó is létesült a vízgyűjtő területen, 1970-ben a Zámolyi- és 1974-ben a Pátkai-tározó. A két tározó megépítésével, üzemeltetésével a Velencei-tó szélsőséges vízszíntingadozásait kívánták kiküszöbölni és a tó vízszintjét szabályozni. Ezeken kívül kisebb halastavak tartják a terület vízhálózatának arcát (3. ábra).

3. ábra

A Velencei-tó vízgyűjtője



Forrás: www.kdvtvizig.hu

Figure 3: Catchment of Lake Velence

A felszín alatti vizek jelentősége az elmúlt évtizedekben csökkent a Velencei-tó vízgyűjtőjén. A karsztvizek, illetve az ezekből táplálkozó források előfordulási területe a vízgyűjtő északi része, a Vértességi-hegység, ahol jól meghatározható karsztvíztükrök húzódnak. Ennek lejtése délkeleti irányú volt, ám a bányászat hatására északira változott. Ez azt jelenti, hogy a beszivárgó csapadékvíz eddig délkeleti irányba mozgott, de ez a bányászati tevékenység következtében már nem a Velencei-tó vízgyűjtőjére vezeti a vizet, hanem az északi irányba. Ráadásul a karsztvízszint is lesüllyedt mintegy 40 méterrel a bányaművelés hatására, aminek következtében lecsökkent a források vízhozama, sőt némelyik forrás kiszáradt.

A Velencei-tó vízgyűjtője a Dunántúlon, hazánk mérsékeltéppen kontinentális éghajlatú vidékén terül el. Éghajlatára általánosságban a Dunántúl főbb éghajlati jellemvonásai igazak. A tó vízfelületének és a tavat övező vízgyűjtő terület változatos domborzati képeinek köszönhetően a tó szűkebb környezetében melegebb, naposabb klíma alakult ki.

A vízgyűjtőre hulló évi csapadék 1960-2001 tárgyidőszakban 373-893 mm között (Csákvár, Pátka, Lovasberény, Kápolnásnyék, Nadap, Agárd állomások súlyozott átlaga alapján), a csapadékos napok száma évi 110-150 nap között van.

A vízgyűjtő átlagos (1987-1999) évi középhőmérséklete 10,4 °C (Zámoly és Agárd állomás adatai alapján). A Vértes-hegység vidéke hűvösebb, mint a vízgyűjtő többi területe. Az átlagos (1987-1999) évi hőingás 24,0 °C (Zámoly és Agárd állomás adatai alapján).

A Velencei-tó vidéke az ország napfényben gazdag tájai közé tartozik. A tó közvetlen környékén a napsütéses órák száma átlagosan 2000 óra. Az uralkodó szélirány az északnyugati. A szélsébség a vizsgált időszakban (1960-2001) átlagosan a 2,5 m/s-ot ért el. A legnagyobb szélsébségek kora tavasszal (március-április) fordulnak elő (Horoszné, 2003).

Földhasználat a vízgyűjtőn

Mint láttuk, a vízgyűjtő felépítése heterogén, ez igaz földrajzi és természetvédelmi szempontból is. Szükséges mindezek tanulmányozása után a területhasználatot is nézni.

A területhasználat vizsgálatához jó kiindulópontot jelent a CORINE 1:50 000 felszínborítási adatbázis, amiből a vizsgálat kiindulhat. Ez az adatbázis igen részletes adatokat tartalmaz a vízgyűjtőre nézve, ennek elemzése jelen tanulmányban nem fér bele, így egy Pátka környéki mintaterületen mutatom be a területhasználatot (4. ábra).

4. ábra

A kiválasztott, pátkai mintaterület és felszínborítottsága

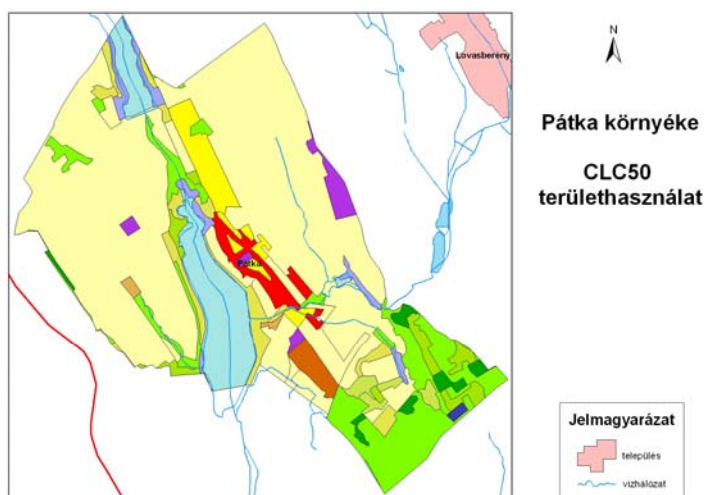


Figure 4. Land cover of the pilot area

A kiválasztott mintaterületen a felszínborításnak számos típusa található, a nagytáblás szántóföldekkel kezdve a különböző típusú erdőkön át a tározóig. Igen érdekes megfigyelní, hogy csupán ennek és a védett területek adatait felhasználva milyen eredmények jönnek ki. A mintaterületet érinti az élőhelyvédelmi és a madárvédelmi irányelvek alapján kijelölt területek (5. ábra).

5. ábra

A kiválasztott, pátkai mintaterület felszínborítottsága és a védett területek

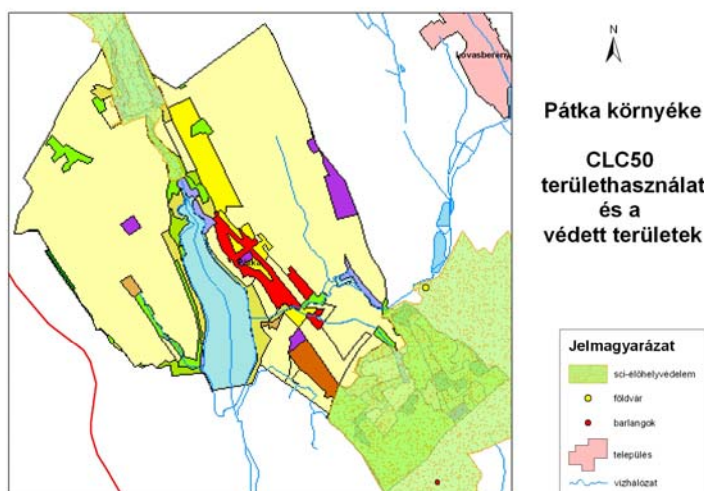


Figure 5: Land cover of the pilot area and the protected areas

A mintaterület nagy részét a Zámolyi-tározó foglalja el, ez közel felét jelenti a felszínborítási kategóriák között. Ezt édesvízi mocsár veszi körbe (22,3%), illetve a Pátkai-tározó irányába, a Császár-víz mentén lombos erdő ültetvény található (13,4%) (6. ábra).

6. ábra

A kiválasztott, pátkai mintaterület felszínborítottsága és a védett területek

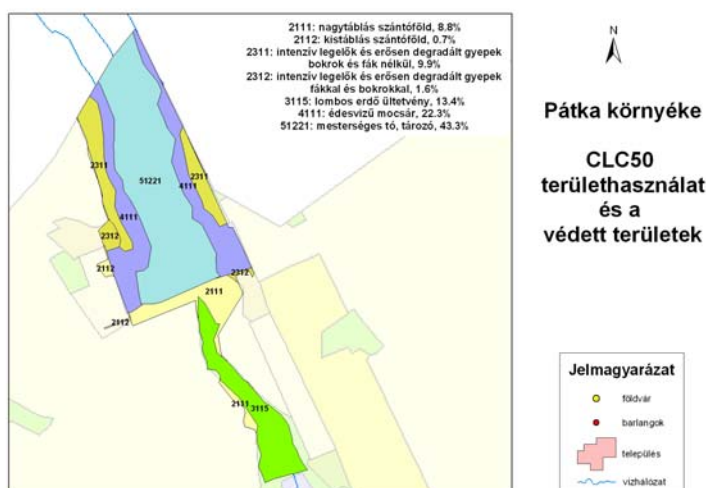


Figure 6: (Land cover of the pilot area and the protected areas)

A növény-és állatfajok, az élőhelyek és a tájak sokszínűségének csökkenése nagy gondot jelent ma mind a természetvédelem, mind pedig a mezőgazdaság számára. Ez a folyamat ugyanis a természet visszafordíthatatlan elszegényedéséhez vezet, illetve az emberiség létét megalapozó természeti erőforrásokat fenyegeti. Az egyik legfőbb problémát az élőhelyek megszűnésén kívül azok átalakulása, feldarabolódása, elszigetelődése jelenti, mely az egyre intenzívebben használt területek következtében egyre erőteljesebben jelentkezik (Hartman, 2002). A védelmi szempontokat integrálni kell a gazdasági-társadalmi folyamatok egészébe. Ezt az elgondolást támogatja az ökológiai hálózat rendszere is, mely a fenntartható térhasználat kialakulását segíti elő a tájban. Az ökológiai hálózat növeli a tér strukturáltságát, a táj diverzitását, stabilitását, mindezek mellett eleget tesz egyéb víz- és talajvédelmi, levegővédelmi funkcióknak, mezőgazdasági feladatoknak, valamint tájképi, esztétikai funkcióknak. Kialakítása és fenntartása mind a természet- és környezetvédelem, mind pedig a mezőgazdálkodás részéről nagyon fontos feladatokat jelent.

IRODALOM

- Dömsödi J.(2006). Földhasználat. Dialóg Campus Kiadó : Budapest-Pécs, 448.
Gayer J. (szerk) (2005). Európai összefogás a vizek jó állapotáért. Budapest, 1-102.
Hartman M. (szerk.) (2002). Mezőgazdaság a természetvédelem szolgálatában. Szaktudás Kiadó Ház : Budapest, 58.
Horoszné Gulyás M. (2003). A lefolyási viszonyok változása a Velencei-tó vízgyűjtőjén 1960-2001 között. Szakdolgozat, ELTE-TTK, Budapest.
Rakonczy Z.(1995). Természetvédelem. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó : Budapest, 270.
Víz Kereirányelv (2002). Fogjunk hozzá. Európai Bizottság, Luxemburg: Az Európai Közösségek Hivatalos Kiadványainak Irodája, 1-12.
www.euvki.hu

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Horoszné Gulyás Margit

Nyugat-Magyarországi Egyetem, Geoinformatikai Kar

Földrendezői Tanszék

8000 Székesfehérvár, Pirosalma utca 1-3.

University of West Hungary, Faculty of Geoinformatics

Department of Land Management

H-8000 Székesfehérvár, Pirosalma u. 1-3.

Tel.: +36-22-516-538 Fax: +36-22-516-521

e-mail: hm@geo.info.hu



Térinformatikai rendszer adaptálása tápanyag gazdálkodás támogatására

Jáger B., Honfi V.

Kaposvári Egyetem GTK, Informatika Tanszék Kaposvár, 7400 Guba Sándor út 40.

ÖSSZEFOGLALÁS

A mezőgazdasági támogatások folyósításának feltétele, hogy a mezőgazdasági nyilvántartások tényadatokon alapuljanak. A vizsgált mezőgazdasági vállalkozás termőterületei a Balaton vízgyűjtő területén találhatók, ezért kiemelten fontos a megfelelő területhasználat és tápanyag gazdálkodás biztosítása. A papíron lévő táblatorzskönyvi adatok számítógépre vitelével párhuzamosan a parcellaszintű adatokat egy már működő térinformatikai rendszerbe integráltuk. A térképek segítségével jól áttekinthetőek az egyes táblák tápanyag gazdálkodási jellemzői. Mivel az adatok a 2002-2005 időszakot teljes egészében felölelik, ezért lehetővé válik idősoros elemzések végrehajtása is. A tápanyag gazdálkodás parcella és üzemi szinten egyaránt elemezhető és könnyen azonosíthatók azok a területek, ahol az eddigi gyakorlat megváltoztatása szükséges. Az eredmények Interneten keresztül történő publikálása lehetővé teszi, hogy a vállalkozás döntéshozói bárhol elérhessék a fontos, naprakész adatokat.
(Kulcsszavak: térinformatika, tápanyag gazdálkodás)

ABSTRACT

Adapting geographic information system for supporting nutrient management

B. Jáger, V. Honfi

University of Kaposvár, Faculty of Economic Science, Department of Information Technology, H-7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

It is the demand of EU that the agricultural registering should be based on real data. The examined agricultural enterprise has their agricultural land in the catchment area of Lake Balaton, so the suitable use of land and the nutrient management are essential. With computerising the paper-based field register data we also integrated the lot-level data into an already operating geographic information system. With the help of maps the nutrient management characteristics of certain lots can be clearly seen. As the data cover the whole 2002-2005 period the chronological analysis is also possible. The nutrient management analysis can be done both at lot and farm/factory levels and the areas that need change in the practise could be easily identified. The publication of results via Internet makes it possible for the enterprise management to acces important up-to date data anywhere.

(Keywords: geographic information system, nutrient management)

BEVEZETÉS

Az Európai Unió csatlakozásnak fontos szerepe volt a magyar mezőgazdaság átalakulásában. A mezőgazdaság működésének szabályozása, támogatása, a kifizetés rendszere csak az Európai

Uniós jogszabályi keretek között valósítható meg. A rendszerváltás után a korábbi szövetkezeti, állami túlsúllyal szemben meghatározóvá vált a magántulajdon.

A felhalmozódott termesztési tapasztalatok megfelelő archiválás hiányában, illetve a generáció váltás miatt nagyrészt elvesztek és az új gazdaságoknak előről kellett kezdeni az új területeken a termelési tapasztalatok felhalmozását. A hibák nyomán egyre inkább igénybe vették a gyártói, forgalmazói szaktanácsadást a jobb termés elérése érdekében. Ezt a folyamatot megnehezítette, hogy kezdetben a művelt földterületek a folyamatos parcella átalakítások következtében változtak. Minden egyes területváltással eltűnt az a technológiai tapasztalat, amely az adott gazdasági évben a gazdaság rendelkezésére állt (Németi, 2002).

Az utóbbi időben vált jellemzővé a vizsgált üzemen is az 5-10 éves földhasználati szerződés, amely a folyamatosságot jobban biztosítja. Kevés figyelem fordítódott azonban az események olyan szintű dokumentálására, amely lehetővé tette, hogy a saját tapasztalatokból és a hibákból következtetéseket lehessen levonni.

A vizsgált mezőgazdasági vállalkozás által művelt területek viszonylagos állandósága miatt lehetőség nyílt a 2002-2005-ös időszak tényadatainak áttekintésére térinformatikai rendszer segítségével. A vizsgálat során feltárt üzemi sajátosságokat térinformatikai eszközökkel lehet kiértékelni és megjeleníteni, valamint az eredményekből következtetéseket levonni a szélesebb körű hasznosítás érdekében.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálat során arra kerestük a választ, hogy az adott mezőgazdasági vállalkozás a tápanyag-gazdálkodás szempontjából, hogyan tudja területeit a lehető legkedvezőbben hasznosítani. Abból a feltevésből indultunk ki, hogy a tulajdonos számára az a legfontosabb, hogy minél gyorsabban tudjon számára fontos információkhoz hozzájutni.

A munkánk során a térinformatikai rendszer egy szerveren keresztül hozzáférhető volt, így a rendszer kiépítésével nem, csak az adatok adaptálásával kellett foglalkoznunk (Honfi, 2004).

A több éves tápanyag-gazdálkodás parcellánkénti értékelését leghatékonyabban térinformatikai rendszer segítségével láttuk megvalósíthatónak. A térinformatikai elemzéseket a műtrágyázás, terméseredmények, tápanyagmérleg, talajvizsgálat, vetéstervek, mint szempontok szerint végeztük el.

Kétféle adatgyűjtésre volt szükségünk. Az attribútum adatokkal az objektumok tulajdonságait jellemezhetjük, míg a geometriai adatokkal az objektum helyzetét adhatjuk meg.

Attribútum adatok: Ezek a mezőgazdasági vállalkozás táblatörzskönyvi és talajvizsgálati adatai, amit a térinformatikai rendszer feltöltéséhez alkalmas formátumba kellett átalakítani.

Rendelkezésünkre bocsátották papír alapon a gazdaság legfrissebb talajvizsgálati eredményeit, amelyet parcellaszinten összesítettünk. Az adatokat változtatás nélkül használtuk fel, az adatok valóságtartalmát nem vizsgáltuk. Az adatokat a Microsoft Excel program segítségével táblázatokban rögzítettük. Az adatok megfelelő kiértékeléséhez a táblatörzskönyvi adatokon túlmenően kiegészítő táblázatok (éves vetésterv, műtrágya hatóanyag táblázat, növényi tápelem igény táblázat, talaj tápelem ellátottsági táblázat) kellett létrehozni. A Microsoft Excel formátumban rögzített táblázatok Microsoft Access adatbázisba integráltuk, hogy a térinformatikai alkalmazás azokat kezelni tudja.

Geometriai adatok: A gazdaság földnyilvántartásának alapja a *Mezőgazdasági Integrált Igazgatási és Ellenőrzési Rendszer (MEPAR)* által nyilvántartott hivatalos területi adatok. A MEPAR adatok hozzáférési költségei igen jelentősek, ezért térképi alapnak a *Külterületi Vektoros Földmérési Alaptérkép (KÜVET)* állományt választottuk, amely azonos az ingatlan nyilvántartás digitális térképi állományaival (Angyán et al., 1998).

1. ábra

Külterületi Vektoros Alaptérkép

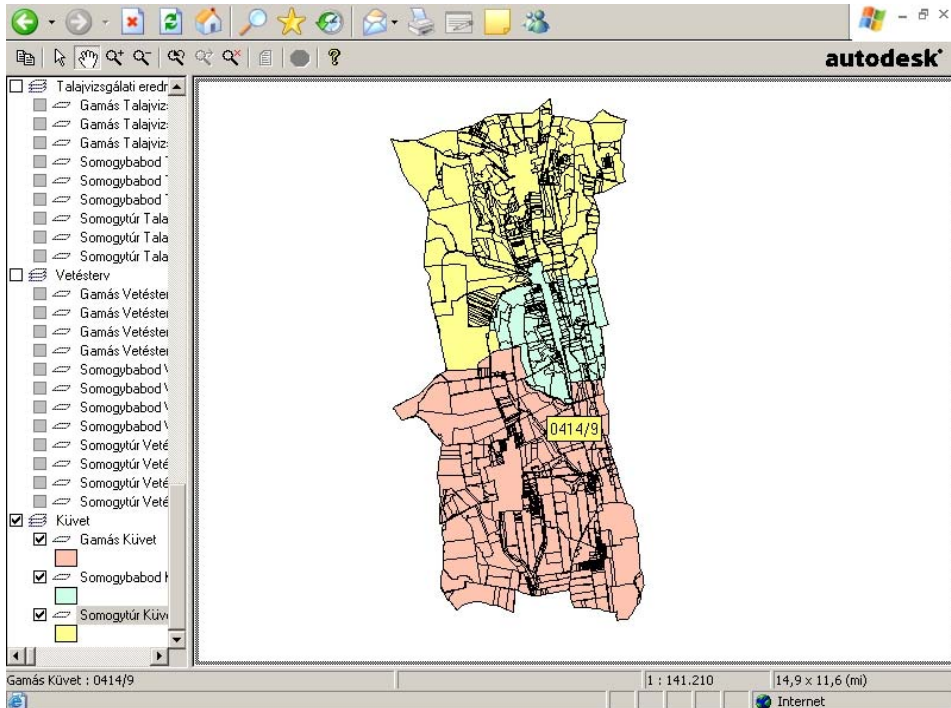


Figure 1: Vectorial rural land map

A munkánkhoz rendelkezésre állt a települések (Somogytúr, Somogybabod és Gamás) hibamentes nagy méretarányú vektoros térképi állománya (1. ábra). Az Autodesk MapGuide programmal megvizsgáltuk a KÜVET állományokat, amelyek térképi hibákat nem tartalmaztak, ezért a munkában térképi jellegű fejlesztést nem kellett végeznünk. Ezután az adatbázist összekapcsoltuk a terület vektoros térképével. Minden térképi réteg objektuma rendelkezett a *helyrajzi szám (HRSZ)* egyedi kulccsal, ennek segítségével egyértelműen azonosítható bármely objektum. Így lehetővé vált, hogy az adatbázisban levő HRSZ azonosítóhoz rendelt minden egyes adatot parcellánként, részinformációként tudjuk kezelni. Mivel a 4 év alatt az adatbázis szerkezete és a térképi állomány nem változik, így megvalósítható az évek közötti összehasonlítás is.

Tematikus térképkészítés: Az Autodesk MapGuide Author programmal az egyes rétegekhez adatbázis rekordtól függő változat listákat állítottunk elő, és így 96 db tematikus térképet készítettünk el. Ezeket egyenként teszteltük és ellenőriztük. A

szerkesztés után a következő feladat, az elkészült alkalmazás internetes használatra való felkészítése Autodesk MapGuide Server program segítségével. Az Internet szerverre való adatállomány feltöltéssel egyidőben biztosítani kell az internetes használatához szükséges címeket és jogosultságokat, amelyet a rendszergazda állít be. A szerveren való működés tesztelése után lehetőség nyílik a jelszórendszer alapján az internetes használatra. Az internetes használatot az ingyenes Plugin program, az Autodesk MapGuide Viewer program biztosítja a felhasználók számára, akiknek ehhez csupán egy böngésző programra van szükségük.

EREDMÉNY ÉS ÉRTÉKELÉS

A legfontosabb eredményünk, hogy egy működő térinformatikai rendszert tudtunk létrehozni. A felhasználók az elkészült 96 tematika bármilyen kombinációját napi munkájukban szabadon használhatják és értékelhetik, amennyiben az alaptérkép használatára jogosultak.

A rendszer segítségével több olyan lényeges összefüggést sikerült feltárnunk, ami a térinformatika eszközei nélkül nem lett volna lehetséges.

Az elkészült térinformatikai fejlesztés jelenleg is hibamentesen működik és az Interneten keresztül elérhető.

Példák a tematikus térképekre

A gamási terület műtrágyázása 2004-ben: A 2 ábrán látható térkép információt ad a felhasználónak a Nitrogén Foszfor, Kálium műtrágya hatóanyagokról mennyiségéről, valamint azok tápelem mérlegét is feltünteti. Ezeket az adatokat a felhasználó láthatja mind a 4 vizsgált évben (2002-2005), így parcellaszinten tudja nyomon követni a műtrágyázást.

2. ábra

A gamási terület műtrágyázása 2004-ben

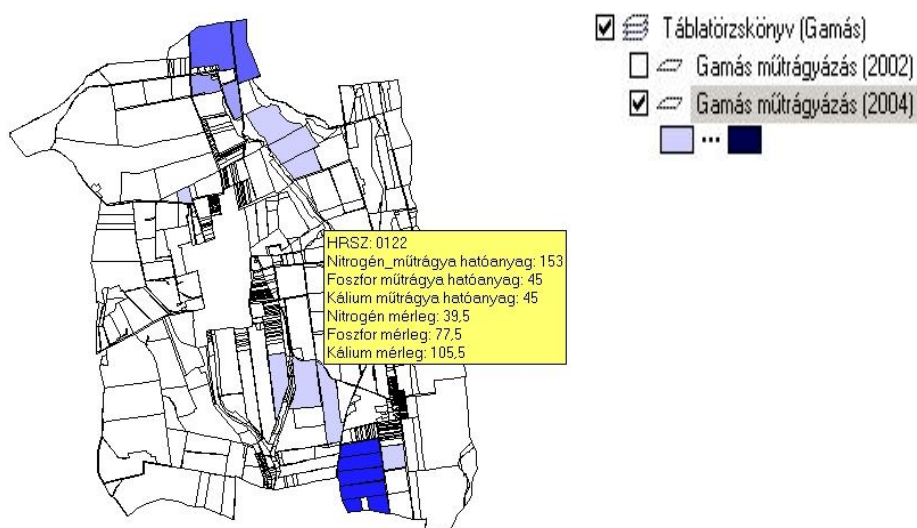


Figure 2.. Application of fertilizers on fields of Gamás in 2004

Talajvizsgálat foszfor ellátottság szempontjából: A 3. ábrán látható, hogy a területek jelentős részére a közepes foszfor ellátottság jellemző. A „na”-ként feltüntetett területeken pedig nem végeztek vizsgálatokat a 4 éves időszak során. Az eredmények idősoros elemzésére nincs lehetőség, mert a gazdaságban ez volt a talajvizsgálatok első ciklusa. Korábbi adatok nem álltak rendelkezésre, viszont a következő évek vizsgálataihoz ez jó alapul szolgálhat.

3. ábra

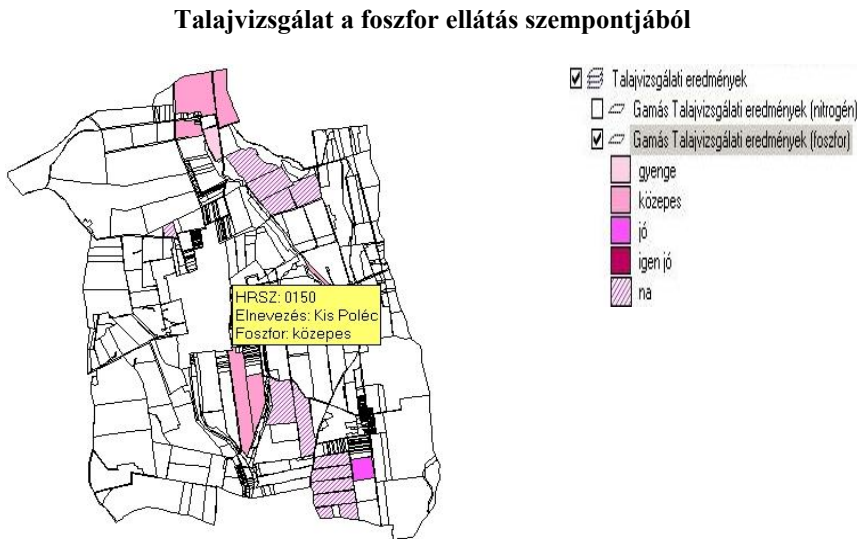


Figure 3.: Phosphorus provision

A vetésszerkezet térbeli bemutatása: A vizsgált gazdaság öt növény termelésével foglalkozott (Őszi búza, Kukorica, Őszi káposztarepce, Tavaszi árpa, Őszi árpa) jellemző volt a tömbösítés, a gamási területeken 2002-ben kukorica volt a jellemző, 2005-ben pedig az őszi búza (4. ábra). A térinformatikai alkalmazás segítségével nyomonkövethető a vetésszerkezet változása is.

A működő térinformatikai rendszerben a felhasználó még a terméseredmények és a tápanyagmérleg (nitrogén, foszfor, kálium) szempontjából is végezhet elemzéseket.

KÖVETKEZTETÉSEK

A létrehozott gazdasági térinformatikai rendszer a tényadatokra alapozva a napi gazdasági események folyamatos dokumentálását szolgálhatja, ezáltal lehetőség nyílik a feltárt tápanyag gazdálkodási összefüggések hasznosítására.

Az alacsony produktívot mutató táblákon felmerülhet az erdősítés, mint hasznosítási lehetőség, mivel ezt a tevékenységet az Európai Unió jelentősen támogatja. A térinformatikai rendszer segítségével nemcsak parcellaszinten, hanem táblán belül is kijelölhetők az erdősítésre szánt területek.

Fontos lenne a talaj tápanyagtartalma és az ezzel kapcsolatba hozható tápanyag gazdálkodás elemzése, amit a vizsgált időszakban a gazdasági évek anyagi lehetőségei határoztak meg és nem a helyes gazdálkodási gyakorlat.

4. ábra

A vetésszerkezet térbeli bemutatása

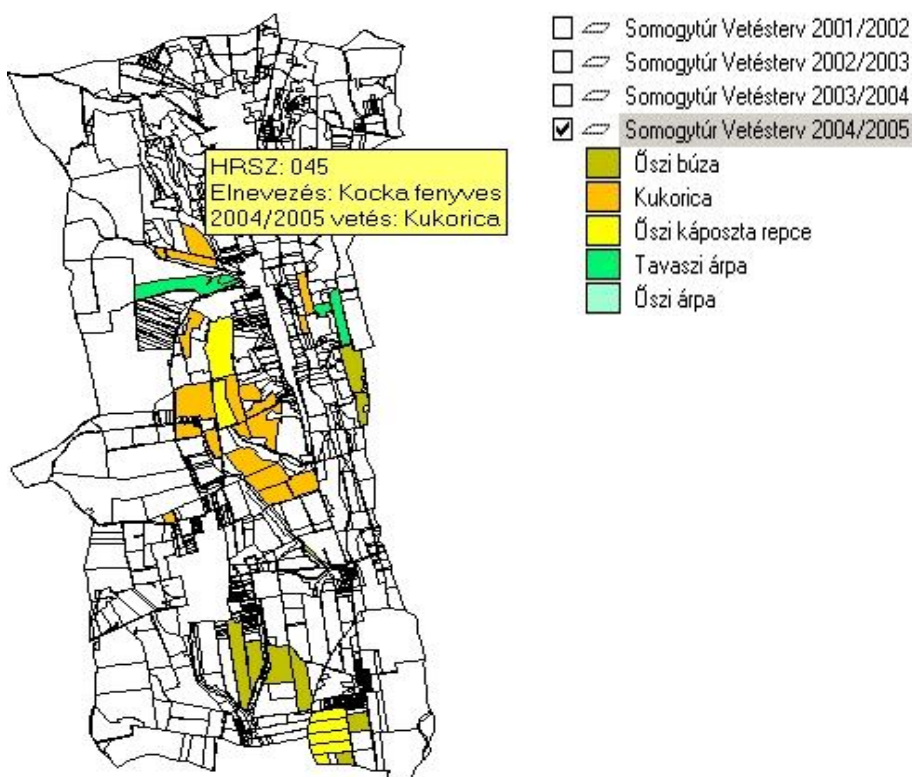


Figure 4.: Fling structure

Nagyon fontos az erózió elleni védelem a Balaton vízgyűjtő területén. A domborzatot figyelembe vevő 3 dimenziós vetésszerkezeti tervezés a növényállomány tudatos megválasztásával is jelentősen csökkenti az eróziós károk veszélyét. A vetésirány és a domborzat ismeretében finomítani lehet a technológián, amely az egyik következő fejlesztési irány lehet.

IRODALOM

- Ángyán J., Fésűs I., Németh T., Podmaniczky L., Tar F. (1998). Magyarország földhasználati zónarendszerének kidolgozása a EU-csatlakozási tárgyalások megalapozásához (Alapozó modellvizsgálatok munkaközi anyaga II.), készült az FM Agrárkörnyezeti, Erdészeti, Biogazdálkodási és Vadgazdálkodási EU Harmonizációs Munkacsoport megbízása alapján. Gödöllő.
- Honfi V. (2004): Kistérségi Információs fejlesztési irányok. E-Agrárium Konferencia, Gödöllő
- Németi L. (2002). A magyar agrárgazdaság az ezredfordulón. Szaktudás Kiadó : Budapest.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Honfi Vid

Kaposvári Egyetem, Gazdaságtudományi Kar, Informatika Tanszék

7401, Kaposvár, Pf. 16.

University of Kaposvár, Faculty of Economic Science

Department of Information Technologie

H-7401, Kaposvár, POB 16.

Tel.: 36-82-350-954

e-mail: honfi@matinf.gtk.u-kaposvar.hu



Somogy megye településein 1998-2006. között történt tűzoltó-beavatkozások statisztikai elemzése

Bakonyi¹ E., Gergelics² N., Honfi¹ V., Barna¹ R.

¹Kaposvári Egyetem, 7400 Kaposvár, Guba S. u 40.

²Somogy Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság, Cím

ÖSSZEFOGLALÁS

*A tüzeset és műszaki mentés beavatkozások szakszerű és hatékony végzése mellett kiemelten fontos azok megfelelő dokumentálása is. Fontos az eddig megszerzett tapasztalatok országos szintű kicserélése, helyi hibák, alkalmazott megoldások közös megvitatása. Célom az adatok elemzése és a következtetések levonása volt. Azt kutattam, mi befolyásolhatja a különböző káresetek számának alakulását az egyes településeken. Vizsgáltam az adatok évenkénti változását, majd településenként a kilenc év során történt összes káresetet. A települések esetszámát összehasonlítottam közigazgatási területükkel és népességükkel 2005. évi KSH adatok alapján. Az adatokat a térinformatikai rendszer segítségével térképen ábrázoltam.
(Kulcsszavak: tűzoltó-beavatkozások, statisztika, Somogy megye)*

ABSTRACT

Statistical analysis of fire rescues between 1998 and 2006 in Somogy county

E. ¹Bakonyi, ²N. Gergelics, V. ¹Honfi, R. ¹Barna

¹University of Kaposvár, H-7400 Kaposvár, Guba S. u 40.

²Somogy Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság, Cím

Beside effective and professional firefighting and the rescuing activity it is very important to dokument it, because this will be the database of law, of the Alerting and Rescuing Plans and of the planning the budget of fire services. For the dokumentation it is needed to make an integrate data collecting system. The purpose of this is the help for fire service decisions and for evaluate of the acitivity of fire services. It is important to change the experiences nationwide and to discuss the local problems and solutions. My purpose was to analyse the data and to draw the inference. I prospect for what influences the number of losses in several town. I used the data of Fire and Rescue Reports in the last nine year (1998-2006) happened losses in Somogy County. I study the data changing annually, and the complete losses of the nine year townly. After that I get apart the fires and the rescues, and inside of this I divided three subgroups (both of place of fires and types of rescue). After analysing all data I compared the losses of towns with their area and their population by the data of KSH 2005. I illustrated the data in map with the help of informatic system.

(Keywords: fire rescues, statistical analysis, Somogy county)

BEVEZETÉS

A tüzeset és műszaki mentés beavatkozások szakszerű és hatékony végzése mellett kiemelten fontos azok megfelelő dokumentálása is, mert ez teremti meg a szükséges

adatbázist a jogszabályok, Riasztási Segítségnyújtási Tervek kidolgozásához, a tűzoltóságok költségvetésének tervezéséhez. A dokumentációhoz egy egységes adatgyűjtési rendszer kialakítására volt szükség. A tűzoltóságok 1998 és 2006 között eseteik rögzítésére a Káreset Adatszolgáltatási Programrendszert (KAP) alkalmazták. Ezen időszak alatt Somogy megyében mintegy 19 ezer adat gyűlt össze a különböző káresetokról. Célom ezeknek az adatoknak az elemzése és a következtetések levonása volt. Azt kutattam, mi befolyásolhatja a különböző káresetek számának alakulását az egyes településeken.

Egyik feltevésem az volt, hogy a települések fejlettsége kapcsolatban áll az ottani esetek számával. Ennek bebizonyítására a KSH Kistérségek egyenlőtlensége a Dél-Dunántúlon című tanulmányát használtam fel (*Bálint, 2004*), amelyben 15 tényezőt figyelembe véve állapították meg a fejlettséget.

Feltételeztem továbbá, hogy a káresetek gyakorisága és a település népsűrűsége között szoros kapcsolat van. Ennek megfelelően azt vártam, hogy a nagyvárosok esetszáma kiemelkedően magas lesz. A balesetek vélhetően a főutak melletti településeken koncentrálódnak, a viharok pedig az időjárás határozza meg.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Az elmúlt kilenc év (1998-2006) Somogy megyei eseteinek feldolgozásához a Tüzeseti / Műszaki Mentési Jelentések adatait használtam. A Tüzeseti / Műszaki Mentési Jelentés adatlap kitöltésére a tűzoltói beavatkozás irányításáért felelős parancsnok köteles intézkedni valamennyi riasztással járó szermozgás esetében.

A kitöltött adatlapok egyik példányát az adatszolgáltatónál kell gyűjteni. A másolati példányt feldolgozás céljából a területileg illetékes fővárosi tűzoltó parancsnokságra, vagy megyei igazgatóságra kell megküldeni. A beküldött gdb-fájlokat feltöltik a Káreset Adatszolgáltatási Programrendszer rendszerébe az adatbázis importálása menü használatával. Az összes adat felvitele után teljes lekérdezést készítenek például Somogy megyére. A nyomtatási funkció elutasításával a program egy txt fájl formátumban menti az adattáblák tartalmát. Az így kapott dokumentumot megnyitják excel formátumban és beállítják a használható oszlopelosztást. További statisztika kérhető az SQL (Structured Query Language) használatával a kívánt lekérdezési paraméterek beállításával. A kapott adatbázis könnyen kezelhető és egyszerűen áttekinthető.

Vizsgáltam az adatok évenkénti változását, majd településenként a kilenc év során történt összes káresetet. Ezután különválasztottam a tüzeseteket és a műszaki mentéseket, a tüzeseteken belül épülettűz, avartűz és egyéb kategóriát különböztettem meg, a műszaki mentéseket balesetekre, viharokra és egyéb mentésekre osztottam fel.

Az összes adat vizsgálata után a települések esetszámát összehasonlítottam közigazgatási területükkel és népességükkel 2005. évi KSH adatok alapján. Az adatokon korrelációs- és determinációs együttható számítását végeztünk. Az eredményeket térképen is szemléltettük.

A statisztikai értékelést a Káreset Adatszolgáltatási Programrendszerrel és az MS Excel segítségével végeztük. A térképek készítéséhez az ESRI ArcView térinformatikai szoftvert használtuk.

EREDMÉNY ÉS ÉRTÉKELÉS

Somogy megye 245 településében a vizsgált 9 évben (1998-2006) összesen 18960 esethez riasztották a tűzoltókat (*1. ábra*). Az összes eset 35%-át a megye négy

legnépesebb települése adja, Kaposvárra 2882 esetben vonultak, ami az összes vonulás 15%-a. Csak Kaposvár és Siófok esetszámainak alakulása is jelentősen meghatározza az összes esetszám alakulását, amelyet a korrelációs együttható értéke (0,873) is alátámaszt.

1. ábra

Az esetszám, a tüzesetek és a műszaki mentések számának alakulása 1998-2006

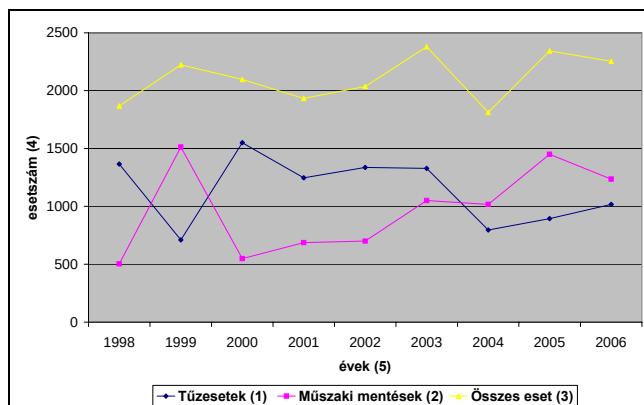


Figure 1: Number of losses, fires and rescues 1998-2006

Fires(1), Rescues(2), Losses (fires+rescues)(3), Number of cases(4), Years(5)

2. ábra

Épülettüzek, avartüzek, balesetek és viharkárok számának alakulása

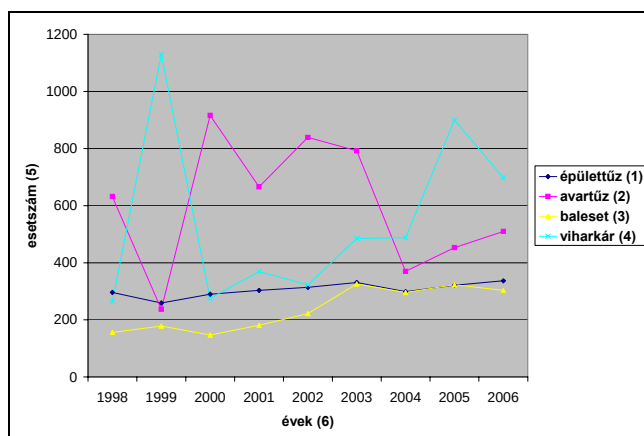


Figure 2: Number of building-fires, outdoor-fires, accidents and storm-damages 1998-2006

Fires of buildings(1), Open-air fires(2), Accidents(3), Storm-damages(4), Number of cases(5), Years(6)

Az esetszámok évenkénti alakulása változatos képet mutat. Az épülettűzek száma nem változott jelentősen az elmúlt kilenc év alatt, balesetek egyre gyakrabban fordulnak elő. Ennek oka valószínűleg a gépkocsipark folyamatos növekedésében, az útminőség és a közlekedési morál romlásában, és az úthálózat nem megfelelő mértékű bővítésében keresendő. A tüzesetek és műszaki mentések arányát leginkább az avartűzek és viharkárok befolyásolják, ezeket pedig az időjárás határozza meg, ezért nagy eltérések mutatkoztak a kilenc év során. A legkiemelkedőbb változás az 1999-es esztendőben figyelhető meg, ekkor drasztikusan csökkent az avartűzek és nőtt a viharkárok száma. Az avartűzek és viharkárok számának változása legtöbbször egymással ellentétes tendenciát mutat, ennek iránya elsősorban a csapadék mennyiségétől és a hőmérséklettől függ (2 ábra).

3. ábra

Összes esetszám településenként 1998-2006

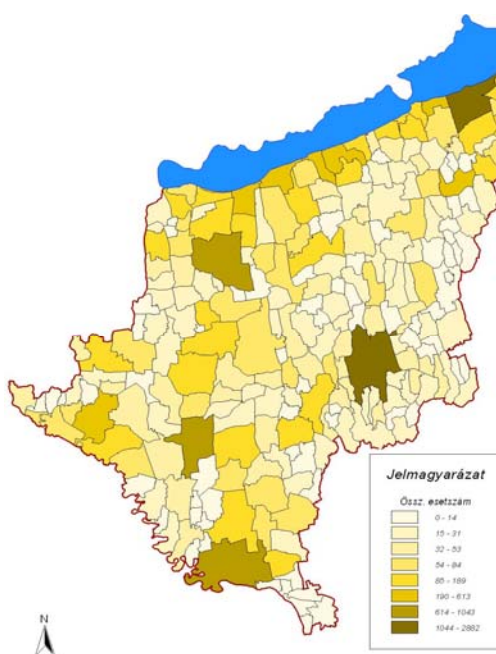


Figure 3: Number of losses in settlements

A legtöbb tüzeset és műszaki mentés sorrendben Kaposváron, Siófokon, Barcsen, Marcaliban és Nagyatádon történt, ez egybeesik a hivatásos tűzoltóságok elhelyezkedésével. Ez azt bizonyítja, hogy ezek a megfelelő helyen működnek, hiszen itt van szükség a legtöbb beavatkozásra (3. ábra).

Az első tíz legnagyobb esetszámmal rendelkező település megegyezik a tíz legnépesebb településsel, így megállapítható, hogy a népesség száma és a vonulások között szoros korreláció van ($r=0,95$). Az esetek típusa szerint szoros összefüggés van a népsűrűség és a területegységre vetített épülettűzek száma között, míg a baleseteket nem befolyásolta egyértelműen a népsűrűség. A tíz legnagyobb esetszámmal rendelkező településből kilenc a felső ötödbe tartozik fejlettség szempontjából (Bálint, 2004).

4. ábra

100 főre jutó esetek száma

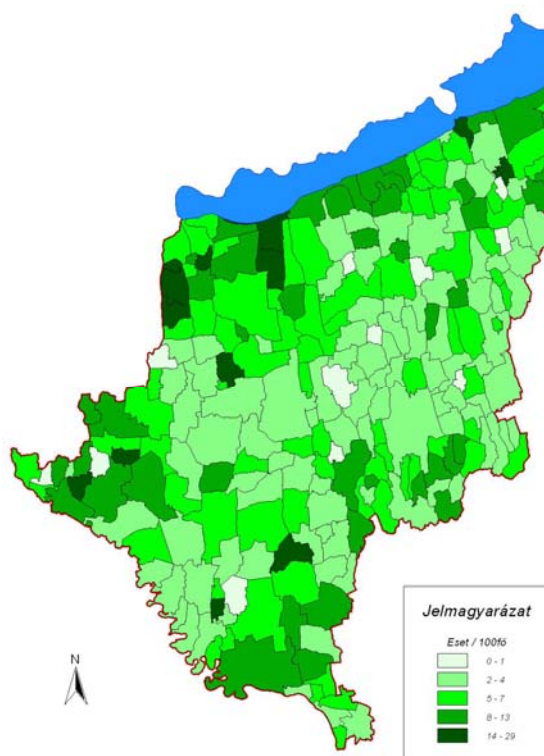


Figure 4: Losses per 100 capita

A 100 főre jutó tüzesetek számát elsősorban az avartüzek száma befolyásolja (4. ábra). A legtöbb viharkár 100 főre vetítve Balatonmárfürdőn és Balatonfenyvesen történt, a Balaton parti településeken az 1 km²-re jutó viharkárok száma is magas. Ezt a részt minden ciklon érinti. Ezen kívül gyakoriak a viharkárok a tűzoltóságok székhelyén. Ez főként a régebben alakult tűzoltóságokra igaz, mert itt gyakrabban hívják a tűzoltóságot veszélyes fák kivágására, ez a később alakult tűzoltóságok esetében még nem elterjedt. A központtól távolodva is egyre kevesebbszer fordul elő ilyen nem közvetlenül viharkárból adódó fakivágás.

Barcson különösen magas az ilyen favágások aránya, ezt bizonyítja az is, hogy a favágások időbeli eloszlása sokkal egyenletesebb, mint más városokban (5. ábra). Ennek oka a városok fejlettségében keresendő, Barcson nagyobb jelentősége van a szociális segítségnyújtásként végzett favágásoknak.

A település közigazgatási területe nem áll szoros összefüggésben esetei számával ($r=0,64$). A legtöbb területegységre jutó eset érthetően a sűrűn lakott városokban és vonzáskörzetükben történt, Kaposváron 25,37 eset történt 1 km²-en, ami kimagasló érték a többi városhoz képest is. Kiemelkedő az épülettüzek száma, de első helyen szerepel az avartüzeket és a viharkárokat illetően is (6. ábra).

5. ábra

Fakidőlések megoszlása Barcsen és Kaposváron 2005-ben

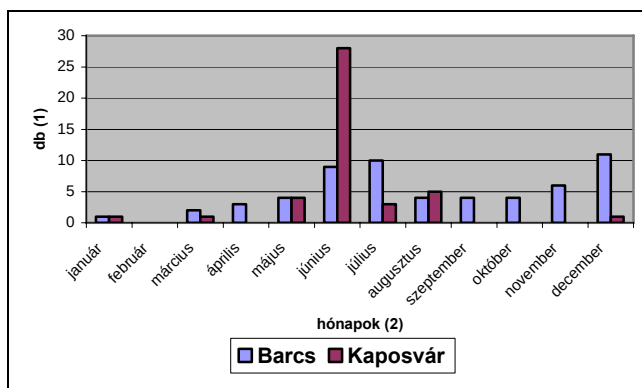


Figure 5: Tree break? different between Barcs and Kaposvári in 2005

6. ábra

1 km²-re eső esetek száma

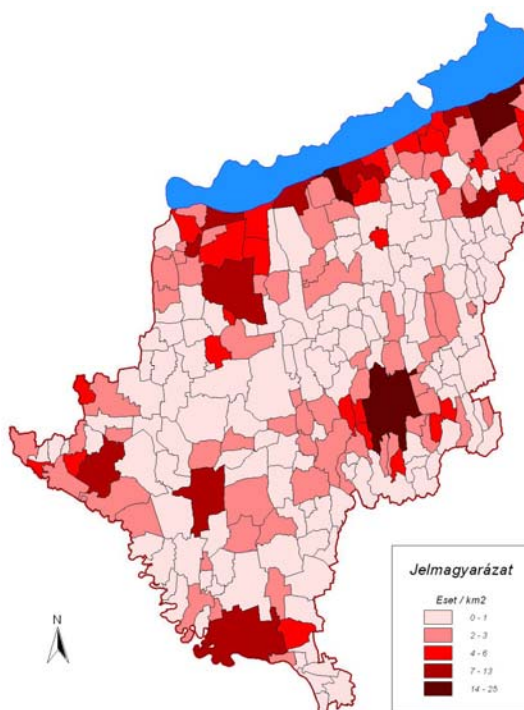


Figure 6: Losses per km²

7. ábra

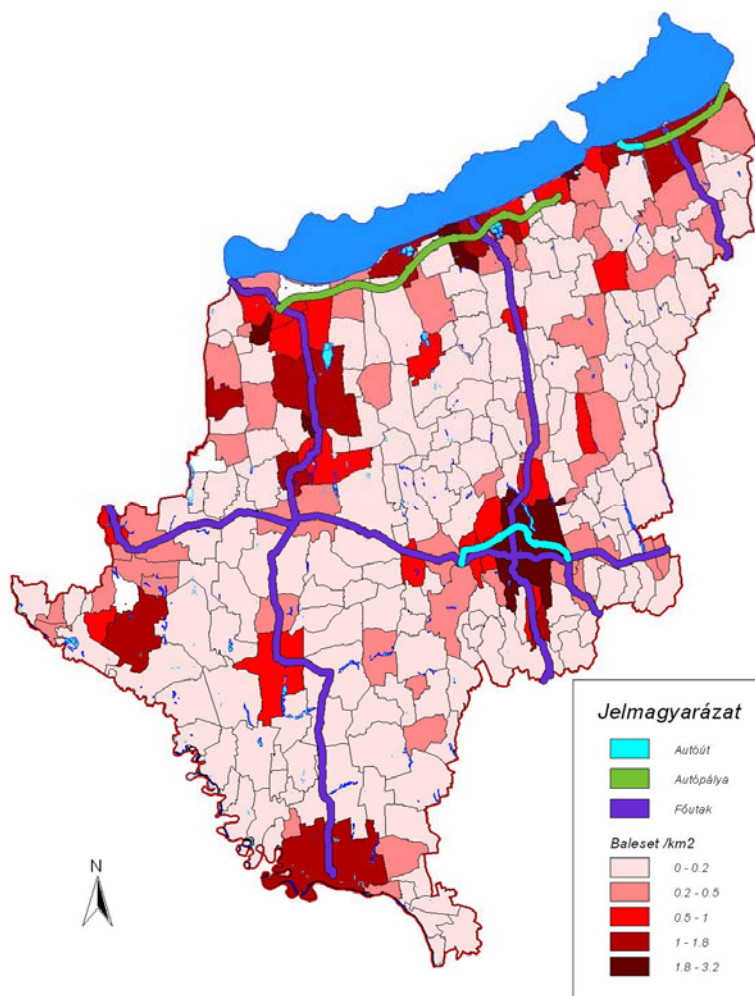
Egy km²-re jutó balesetek száma és a megye főútvonal-hálózata

Figure 7: Accidents per km², and main roads in Somogy county

A legtöbb területegységre jutó baleset a főutak menti településeken történt. Balatonkeresztúron kiemelkedő a balesetek száma mind területéhez, mind lakosságához viszonyítva (7. ábra).

A tüzesetek vizsgálatakor kiderült, hogy a Balaton parti települések – vélhetően a turizmusnak köszönhetően - nagyobb veszélyeztetettségnek vannak kitéve. Az összes Balaton-parti településen magas volt a tüzesetek száma, mind területükhöz, mind lakosságukhoz viszonyítva, főként az avartüzek száma volt kiemelkedő. Ebben nagy szerepe van a hétvégi házaknál, nyaralóknál végzett kerti munkák utáni, felügyelet nélkül hagyott égetéseknek is.

8. ábra

Egy km²-re jutó tüzesetek száma

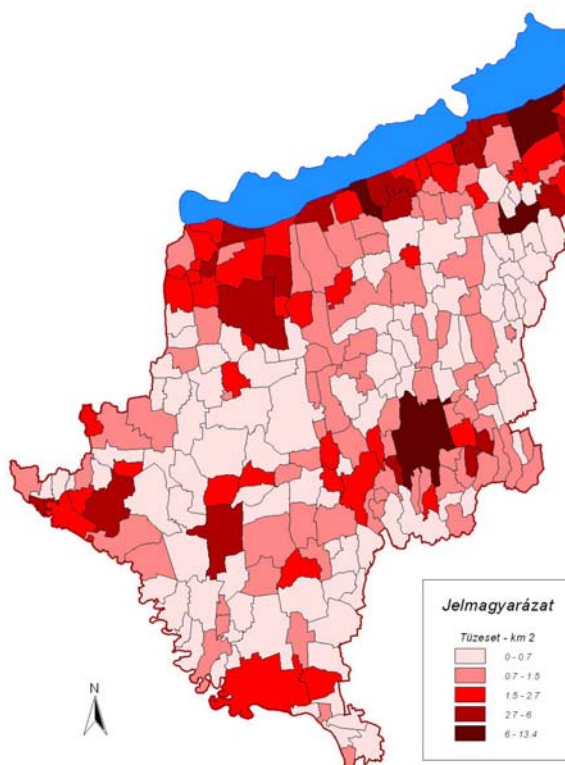


Figure 8: Fires per km²

KÖVETKEZTETÉSEK

Az elemzés alapján bizonyítást nyert, hogy a település fejlettsége szoros kapcsolatban áll káreseteinek, elsősorban tüzeseteinek számával. A tíz legnagyobb esetszámmal rendelkező településből kilenc a felső ötödbe tartozik fejlettség szempontjából.

A népesség száma és a vonulások között is szoros korreláció van ($r=0,95$). Az esetek típusa szerint szoros összefüggés van a népsűrűség és a területegységre vetített épülettüzek száma között, míg a baleseteket nem befolyásolta egyértelműen a népsűrűség. Ennek megfelelően a nagy városokban történt a legtöbb vonulás, így ezen települések esetszámának változása kihat a megye összes vonulásának változására is.

A tüzesetek és műszaki mentések arányát elsősorban az avartüzek és vihkárok határozzák meg, ez a két leggyakoribb káreset-típus. Ezért a vonulások számára, a tüzesetek és műszaki mentések arányára nagy hatással van az időjárás is.

Ezen kívül meghatározó szerepe van a nem közvetlenül káresetből adódó vonulásoknak is a település esetszámának alakulásában (pl. állatmentés, szociális segítségnyújtásként végzett favágás). Elsősorban a régebbi tűzoltóságok körzetében, a tűzoltóság székhelyén, főleg nagyvárosban magas az ilyen esetek aránya.

IRODALOM

- Központi Statisztikai Hivatal (2005): A dél-dunántúli megyék statisztikai évkönyvei
Bálint L. (2004): Kistérségek egyenlőtlensége a Dél-Dunántúlon, Magyar Statisztikai Társaság Területi Statisztikai Szakosztályának konferenciája, Budapest, 2004. jún. 09.
Tűzeseti –műszaki mentési adatlapok

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Bakonyi Erika

H-7400 Kaposvár, Kenese tér 14.

e-mail: b.er@freemail.hu



A Digitális Kreybig Talajinformációs Rendszer pontosságának és megbízhatóságának növelése

Pásztor L., Szabó J., Bakacsi Zs., Dombos M., László P.

Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, 1022 Budapest, Herman Ottó út 15.

ÖSSZEFOGLALÁS

A talajtérképek és a térbeli talajinformációs rendszerek (TTIR) alkalmazhatósága nagyban függ pontosságuktól. A digitálisan archivált és vektorizált térképi alapú információk, illetve a talajszelvényekhez köthető adatok relációs adatbázisba rendezésével előálló nyers TTIR lényegében a felvételezés/térképezés adatrendszerének digitális verziója. Ez az állomány azonban számos módon javítható, csiszolható, finomítható. És ez nem csupán lehetőség, hanem az adatgazda számára egyben kötelezettség is. Egy megfelelően kialakított, téradatinfrastruktúrába illesztett TTIR segítségével, valamint az eredeti felvételezési célok és térképezési ismeretek szem előtt tartásával maga a TTIR, illetve a belőle származó talaj-térképek pontossága, geometriai és tematikus felbontása, ez alapján pedig megbízhatósága egyaránt többféleképpen növelhető. Cikkünkben a Digitális Kreybig Talajinformációs Rendszer apropóján mutatjuk be ezen a téren elért eredményeinket.

(Kulcsszavak: térbeli talajinformációs rendszer, térbeli adatinfrastruktúra, reambuláció)

ABSTRACT

Increasing the accuracy and reliability of the Digital Kreybig Soil Information System

L. Pásztor, J. Szabó, Zs. Bakacsi, M. Dombos, P. László

Research Institute for Soil Science and agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences,
Budapest, H-1022 Herman Ottó út 15.

A key issue of applicability of both traditional soil maps and spatial soil information systems (SSIS) is their accuracy. The „raw” SSIS, which consists of scanned map sheets, vectorized spatial data (soil units as polygons and soil profiles as points) and profile database can be mainly considered as the digitally converted version of the processed map-based soil information. Nevertheless, there are various opportunities for increasing both its spatial and thematic accuracy, which is also a duty of the data owner/manager. The integration of spatial soil information within appropriate spatial data infrastructure (SDI) and the consideration of the characteristics of the original survey support this process. In the present paper we are presenting our results acquired in the inherent refinement and upgrading of the Kreybig Digital Soil Information System (KDSIS) originating from the 1:25,000 scale practical soil mapping of Hungary.

(Keywords: spatial soil information system, spatial data infrastructure, reambulation)

BEVEZETÉS

A talajokra vonatkozó információigény az utóbbi évtizedekben erőteljesen megnövekedett (Mermut és Eswaran, 2000) és messze nem csupán az agrárium részéről.

A kezdeti áttekintő, sematikus talajtérképek, majd a szisztematikus talajfelvételezéseken alapuló talajtérképezések mind a talajokra vonatkozó információkkal kapcsolatos társadalmi igények és kívánalmak kielégítésére születtek. Az információval szembeni aktuális elvárás, hogy az digitálisan és minél szélesebb körben legyen hozzáférhető, ennek köszönhetően vették át a legfőbb talajtani információhordozó szerepét a talajtani adatbázisok és térbeli talajinformációs rendszerek (TTIR; *Burrough*, 2005, *Lagacherie és McBratney*, 2005), illetve ezek internetes (térkép)szervereken keresztül szolgáltatott változatai (*Rossiter*, 2004). Számos talajtani adatbázis szervesen beépül földhasználati és vidékfejlesztési (*Thwaites*, 1999), agrár-környezeti programokba (*Baylis et al.*, 2004), alkalmazást nyer a környezeti modellezésben (*Hubrechts et al.*, 1998), környezeti erőforrás felmérésben (*FAO*, 1976) vagy akár kockázatbecslésben (*Lim és Engel*, 2003). A hagyományos talajfelvételezés és -térképezés idő- és költségigényes. Újabb, nagyobb területekre kiterjedő, hagyományos térképezési munkákra a közeljövőben nemigen lehet számítani. Napjainkban egyre kevesebb új adat gyűlik (*Nachtergale és van Ranst*, 2002, *Spaargaren és Dent*, 2006), csökken a talajtani szakemberek száma (*Howell és Smith*, 2006, *Pálmai*, 2006), ennek következtében drámai változások indultak a talajtérképezésben. A talajtani adatok gyűjtése olyan korlátozó tényező volt és egyelőre marad is, ami még akár a digitális talajtérképezés fejlődésének is komoly gátja lehet (*Lagacherie*, 2006). Éppen az új mintavételezés magas költségei miatt kap egyre nagyobb szerepet a rendelkezésre álló információk mind alaposabb kiaknázása. Napjaink talajtérképezési tevékenységének a többsége nem új felvételezésekre, hanem a létezők felülvizsgálatára fordítódik (*Burt et al.*, 2006). A létező adatok digitális archiválására, illetve mind teljesebb és magasabb fokú feldolgozására a világ más, fejlettebb tájain tett kezdeményezések (*Selvaradjou et al.*, 2006; *Rossiter*, 2006) is azt jelzik, hogy jelenleg az új felvételezésekből származó adatlöngyelés helyett a rendelkezésre álló információk mind hatékonyabb és többértékű felhasználása okozza a nagyobb fejtörést a talajtan számára.

A korábbi térképezések, felvételezések által szolgáltatott és az aktuálisan megkívánt információk nem mindig fedik egymást. A térképezések célja, az annak alapján elvégzett munka, illetve az ezek eredményeképpen született adatok direkt módon nem feltétlenül alkalmazhatók egy adott, talajtani információkat igénylő problémakör kapcsán. Ennek egyik oka, hogy a hagyományos talajtérképezések során a felvételezés legfőbb szempontjai általában mezőgazdasági jellegűek voltak (*Hubrechts et al.*, 1998), mivel hosszú időn keresztül a talaj biotermelési kapcsolatos funkciói voltak fontosak. Napjainkban azonban egyre inkább felértékelődnek a környezet minőségével kapcsolatos talajfunkciók (*Várallyay*, 2002) a társadalom egyre inkább igényt tart és a fenntartható fejlődés is a talaj multifunkcionalitására épít (*Várallyay*, 2001). Új adatfelvételezés híján ezen ellentmondás feloldására az elméleti talajtantól várhatók megfelelő megoldások. Jelentős szerepet kapnak az egyes környezeti paraméterekre vonatkozó térképi alapú, digitális ismeretek, melyek egyrészt jelentősen kisebb költséggel beszerezhetők, másrészt a digitális talajtérképezés eszközeivel felhasználhatók a talajok bizonyos tulajdonságainak becslő meghatározására (*Dobos et al.*, 2000, 2005; *McKenzie és Gallant*, 2005). Megfelelő pedotranszfer függvények bevezetésével és kalibrációjával szintén jelentős előretörés várható a rendelkezésre álló talajtani információk sokrétű felhasználhatóságában (*Wösten et al.*, 1998). Mindezen eszközök egyrészt megkönnyíthetik megbízható és multifunkciós (esetlegesen hierarchikus, több szintű) térbeli talajinformációs rendszerek kialakítását, másrészt azonban nem nélkülözhetik a hagyományos talajtani tudást (*Walter et al.*, 2005), nem működnek adatok nélkül, amelyek elsődlegesen a terepen születtek/születnek (*Webster*, 1997).

A digitális talajtérképezés a kvantitatív talajtérképezésben elért új eredményeket ötvözi a hagyományos talajfelvételezési tudással és integrálja térinformatikai környezetben (Lagacherie, 2006). Alapfeltevése szerint -a dokucsájevi és Jenny-féle koncepció általánosításával- a talajtulajdonságok megfelelő pontossággal becsülhetők az adott helyen ismert egyéb környezeti változók segítségével, melyet kiegészít a további talajtulajdonságokra, illetve a helyre vonatkozó információ. Ezt az ún. SCORPAN egyenlet formalizálja (McBratney et al., 2003) Gyakorlatban leggyakrabban 3 környezeti segédváltozót (statisztikai értelemben prediktor változót) használnak (Dobos et al., 2006):

- távérzékelte képek (multi-, vagy akár hiperspektrális, gyakran többidőpontú),
- topográfiai információk (digitális domborzat modell és deriváltjai), segéd tematikus térképek (felszínborítás, földhasználat, földtan, vízrajz, etc.).

A talajtérképektől elvárt alapvető gyakorlati haszon a térbeli predikció (Leenhardt et al., 1994), melynek lényege, hogy az ismert helyeken vett (lokalizált, georeferált) mintákra (szelvény, fúrás, helyszíni mérés etc.) a helyszínen vagy laboratóriumban meghatározott értékek és/vagy egy adott osztályozás alapján egy nagyobb területre vonatkozóan becslés adható az azonos vagy egyéb talajtulajdonságokra. Ennek tradicionális eszköze a hagyományos talajfolt térkép. Lényegük, hogy a térképezendő területet olyan diszjunkt egységekre bontják, amelyeken belül a talaj változékonysága kisebb, mint a teljes területre vonatkozóan (Beckett és Webster, 1971). A talajfoltok használata mögötti modell szerint a térképezett talajtulajdonság egy folton belül homogén, azaz azonosan jellemzi a terület minden egyes pontját, és csak a határok mentén ugrik; a talajfoltok mintegy rétegzik a varianciát. Vannak a hagyományos módszernél pontosabb térbeli becslést nyújtó, korszerű, matematikailag megalapozott eljárások (egy- és többváltozós, univerzális és kereszt krigeles, fuzzy módszerek etc.), a klasszikus megközelítésnek mindazonáltal még tág a mozgástere, a felhasználók többsége számára ugyanis ez nyújtja a legkönnyebben interpretálható eredményeket (Leenhardt et al., 1994).

A talajfolt térképek, illetve a folt objektum alapú térbeli talajinformációs rendszerek pontossága (geometriai és tematikus felbontás) többféleképpen növelhető: a folthatárok mind pontosabb megrajzolásával; a talajfoltok térbeli finomításával, azaz minél kisebb inhomogenitások figyelembevételével; illetve a foltokra jellemző adatok pontosításával (pontosabb mérés, aktuálisabb információ, korszerűbb módszertan, illetve osztályozás etc.). A térinformatikai környezetben a térképezés során gyakran komoly szerepet játszó klasszikus kartográfiai korlátok áthidalhatók. A térképi alapú környezeti segédinformációk segítségével a talajfolthatárok finomíthatók, a pedonok mind pontosabban lehatárolhatók. Az eredeti talajfoltok térbelileg finomíthatók, foltosztó határok rajzolhatók a minél kisebb folton belüli inhomogenitások figyelembevételével, amennyiben valamilyen forrásból ismert, hogy a folton belül talajtani inhomogenitás található.

Rossiter (2004) igen alapos nemzetközi áttekintése és felmérése szerint a jelenleg létező térbeli talajinformációs rendszerek döntő többsége regionális, országos szintű. Ez hagyományos kartográfiai léptékben kifejezve 1:200.000-nél kisebb méretarányú, azaz 400 méternél, illetve 16 hektárnál kisebb térbeli felbontásnak felel meg. Ez nem igazán meglepő, hiszen az ezek alapját adó eredeti talajtérképek is csak ritkán készültek el, nagyobb területekre vonatkozóan, részletesebb felbontásban. Ha esetleg mégis, akkor is az első kialakításra kerülő térbeli talajinformációs rendszerekben, megfelelő informatikai tapasztalat és infrastruktúra híján, a kisebb ráfordítást igénylő kis léptékű (gyakran a részletesebb információk generalizálása révén született) talajtérképek és adatok kerültek feldolgozásra. Térbelileg részletesebb felbontású talajtani információkra azonban sok

felhasználónak lenne szüksége. A következő szintet az 1:200.000 és 1:20.000 közötti kartográfiai méretarány, illetve az ennek megfelelő 40-400 m, illetve 0,16-16 hektár térbeli felbontás jelenti (Lagacherie és McBratney, 2005). De még a legfejlettebb országok sem igazán képesek kielégíteni a világszerte gyors léptékben fejlődő téradat infrastruktúra elvárásait talajtani adatok vonatkozásában. Pedig többek közt az Európai Talajvédelmi Stratégia (CEC, 2002) is megkívánja az INSPIRE alapelveknek megfelelő, térbelileg megalapozott talajtani információkat (Dusart, 2005).

ANYAG ÉS MÓDSZER

Magyarországon is számos terület, jelentős projekt igényli vagy fogja igényelni a közeljövőben az INSPIRE-ban is megfogalmazott alapelveknek megfelelő digitális, térképi alapú talajtani információt. Az agrár-környezet-gazdálkodás programok sikere megkívánja a célterület agrár-környezeti állapotának felmérését, a terület általános környezeti állapotának, agrárpotenciáljának, mezőgazdasági termelésre való alkalmasságának és talajok sérülékenységének és regeneráló-képességének megismerését (Németh et al., 2000; Magyari, 2005). Az agrár-környezetgazdálkodási információs és monitoring rendszer (AIR) működése elképzelhetetlen megfelelő tematikus és térbeli részletességű, térképi alapú talajtani alapinformációk nélkül. A Vásárhelyi-terv továbbfejlesztése (VTT) keretében a Tisza mentén megvalósítandó tározók területén és környezetükben szintén fontos követelmény a talaj vízháztartásának jellemzése, a tájgazdálkodás feltételeinek talajtani szempontú értékelése, valamint a talaj nedvesség-forgalmának, a talajvízmérleg elemeinek, a talajkészletek térbeli helyzetének térségi szintű jellemzése és a talajállapot időbeni változásainak nyomkövetése (Flachner et al., 2004). Részletes és megbízható talajtani információra azonban számos további terület is igényt tart: élőhely térképezés (Molnár et al., 1999), belvíz érzékenység térképezés (Pálfai et al., 2004), aszály érzékenység térképezés (Németh, 2004) precíziós gazdálkodás (Tamás, 2001), földértékelés (Gaál et al., 2003) etc.

Magyarországon az utóbbi közel 150 évben jelentős természetföldrajzi, talajtani információ gyűlt össze a kiterjedt felvételezéseknek köszönhetően. Az egymást követő térképezések felvételezési célja és módszere is különbözött, így az eltérő célok eltérő talajtani jellemzők hangsúlyozásához vezettek. Az összegyűlt adatok és az azok alapján szerkesztett térképek különböző léptékben születtek a gazdálkodástól az országos szintig (Várallyay, 1989, Várallyay, 2002). A kisebb léptékűek országos fedettséget adnak, a részletesebbek nem. A legrészletesebb és még országosan elkészült térképi alapú talajtani adatrendszer a Kreybig-féle Átnézetes Talajismereti térképezés anyaga, melynek adatgazdája az MTA TAKI.

Az elmúlt két évtizedben a térképi alapú talajtani információk jelentős része, bár főképpen a kisebb méretarányúak, kerültek digitális feldolgozásra és épültek be különböző térbeli (talaj)információs rendszerekbe (AgroTopo: Várallyay és Molnár, 1989; HunSOTER: Várallyay et al., 1994; MERA: Pásztor et al., 1998; SOVEUR: Várallyay et al., 2000). A részletesebb adatok feldolgozásának időközben megteremtődtek a technikai feltételei és az igény is megnőtt a közepes és nagyléptékű digitális talajtani információkra, ezért előtérbe került az ilyen adatokat szolgáltató rendszerek kialakítása (Pásztor et al, 2002b; Szabó, 2002; Dorka, 2004; Szabó, 2004; Takács et al., 2004; Tóth et al., 2006).

A Kreybig térképezés digitális feldolgozásának és az ezen alapuló Digitális Kreybig Talajinformációs Rendszer (KDTIR) kialakításának bizonyos szempontból kitüntetett szerep jut, mivel ez a térbelileg legrészletesebb és még országosan elkészült

térképi alapú talajtani adatrendszer. A Kreybig archivum feldolgozása 1998-ban kezdődött. A térképanyag szkenneléssel történő archiválása és a képek EOY transzformációja befejeződött, a geometriai adatok vektorizálása (talajfoltok, mint poligonok és talaj-szelvények, mint pontok) térképszelvényenként folyamatosan halad. A térbeli adatok és a talajszelvény adatbázis feltöltése egymástól függetlenül történik. Jelenleg a folt mintázat feltöltése az ország területének mintegy kétharmadára elkészült, a pont adatbázis feltöltése ehhez képest jóval elmarad. A térképlapokhoz csatolt magyarázó füzetekben található talajszelvények felvételi és a laboratóriumi jegyzőkönyvi adatbázisának feltöltésére viszont egy saját fejlesztésű adatbeviteli és ellenőrző programot fejlesztettünk. Jelenleg a szelvény adatbázis második generációs változatát használjuk (1. ábra). Az adatbázis növekedésével ugyanis, illetve a továbbiakban részletezendő feladat bővítések következtében a korábbiakban alkalmazott Microsoft Access alapú rendszer nem volt megfelelő hatékonyságú, ezért az adatbázis kezelést a továbbiakban SQL Serverre alapozzuk. Az áttérés egyben az adatbázis-struktúra átalakításával is járt. A rendszer általános felhasználó által hozzáférhető része egy webes böngésző felületen érhető el. Ezen eszköz segítségével az adatbázis feltöltése megfelelő stáb rendelkezésre állása esetén felgyorsítható és a teljes feltöltöttség is reális idő alatt megoldható.

1. ábra

Szelvény adatbázis felhasználói felület

Figure 1: User interface of the soil profile database

EREDMÉNY ÉS ÉRTÉKELÉS

Geometriai és tematikus korrekciók

Egy önkonzisztens térinformatikai rendszer kialakítása érdekében szükséges a digitalizált, vektorizált szelvényenkénti állományok geometriai és tematikus illesztése. A feldolgozásra kerülő szelvényeket a digitális képi archiválás után Egységes Országos Vetületi Rendszerbe transzformáltuk. Ismervén a Kreybig-féle térképezés alapjául használt topográfiai szelvények szelvénykiosztását, továbbá rendelkezvén ezen hálózat egységes országos vetületű változatával, ezt a térképszelvények sarokpontjainak transzformációja révén végeztük. A munkálatok folyamán kiderült, hogy ezt az elsődleges transzformációt továbbinak kell követnie, ugyanis 100 méter nagyságrendű hiba marad. A másodlagos transzformációt már a digitalizált, vektorizált állománnyal végezzük. Ehhez nagyléptékű EOY alapú digitális topográfiai térképeken, vagy távérzékelt képeken (EOY-be transzfomált légi vagy űrfelvételek), illetve a Kreybig térképeken meghatározott azonos pontokat használunk.

A feldolgozott térképlapok számos helyen határmenti illesztésre szorulnak. A térképezés módszertana ugyan magába foglalta a határmenti korreláció és korrekció elvégzését, ennek ellenére a digitális feldolgozásra kerülő szelvények határai mentén nem feltétlenül konzisztensek. Ennek egyik oka a rendelkezésre álló szomszédos szelvények feldolgozottságának eltérő foka lehet, ami miatt a két lap között elvégzett eredeti illesztés elveszett az utókor számára, tehát újra elvégzendő feladattá vált, immáron a téradat infrastruktúra kereteit felhasználva. Másik ok lehet a szomszédos lapok felvételezésében esetlegesen bekövetkezett időbeli elcsúszás, hisz számos térképlap megsemmisült a háborúban, amelyeket újrafelvételre kellett jó egynehány évvel az eredeti munka elvégzése után. Az elkészült (analóg) térképek egyedi kartográfiai terméket képviseltek. Ez a tény elfedte az ilyen típusú hibákat, mivel ritkán használták egyszerre a szomszédos térképszelvényeket. Ha mégis találkozott valamely (fel)használó ilyen problémával, nemigen volt kinek, minek jeleznie és így esetleges javítása sem válhatott a teljes rendszer, azaz az eredeti térképsorozat javára, hisz nem lehetett a korrekciót mindenütt átvezetni. Természetesen a digitális feldolgozás egyes munkafolyamataiban is becsúszhattak hibák, ezeket szerencsére könnyebb volt visszakövetni és ez alapján korrigálni.

A szelvény határok menti korrekciókat új határvonalak húzásával, korábbiak átszerkesztésével, szomszédos foltok összevonásával, időnként pedig tematikus egyeztetéssel végeztük. A kétséges esetek feloldására nagyléptékű, az aktuális állapotokat tükröző, digitális topográfiai térképeket, és távérzékelt adatokat, valamint független talajtani és egyéb tematikus adatokat használtunk fel.

A tematikus korrekciók speciális és egyben minősített esete az adatbázis (döntően az országhatár mentén) hiányzó térképlapok területére való feltöltése. Nyilvánvalóan nem lehet egyenértékű az eredeti felvételezés adatainak feldolgozásával, de a térinformatika és a statisztika eszközeinek segítségével, továbbá a Kreybig-féle térképezési elveket szem előtt tartva, mindenesetre lehetőség van a hiányos adatbázis kiegészítésére, pótlására, amihez a nagyléptékű digitális topográfiai térképek, távérzékelt, valamint független talajtani adatok mellett egyéb felszínborítási, területhasználati tematikus információkat használtunk. Ezen kiegészítő anyagok alapján a Kreybig elveknek megfelelő kategóriákat próbáltuk meg azonosítani, és az ugyancsak ezek szerinti határokat meghúzni. A mezőgazdasági földhasználattal jellemzett területekre pedig a (digitálisan) elérhető egyéb talajtani adatokból (AGROTOPO, TIM stb.) próbáltuk a leíró adatbázist legalább részletesen feltölteni.

Tematikus pontosság

Amennyiben egy térbeli talajinformációs rendszer a benne tárolt adatok keletkezése óta a földhasználati viszonyokban bekövetkezett szembetűnő változásokról nem tud számot adni, megingathatja a felhasználóban az adatrendszer alkalmazásába vetett általános bizalmát, még akkor is, ha esetleg a lényegben, azaz a térképezett talajtulajdonságokban a terület nagy részén nem is történtek jelentős változások. Márpedig a földhasználat a talajnál sokkal dinamikusabban és gyakran látványosabban változik, amelyről ugyan nem feltétlenül a talajtérképeknek kellene számot adnia, de azokon is számon kérjük, ha azok ezt a változást nem követik. A TTIR megfelelő téradat infrastruktúrába integrálásával kezelhető válik ez a probléma is. Az egész rendszer megbízhatósága és pontossága növelhető az aktuális földhasználatról, felszínborításról, topográfiai rendeltetésreállító térbeli információk figyelembevételével. Az országban számos mintaterületen végeztük el ezt az elsődleges, íróasztal melletti reambulációt. A CLC100, CLC50, topográfiai térképek és ortofotók álltak rendelkezésünkre a feladat elvégzéséhez.

A feldolgozás ezen fokára jutva a KDTIR egy valódi TTIR-nek tekinthető még a szigorúbb kritikusok szerint is (Rossiter, 2004). A KDTIR azonban két további lehetőséget is biztosít térbeli és tematikus pontosságának növelésére.

A talajfoltok térbeli finomítása

A talajtérképeken szereplő folthatárok a felvételezés során jönnek létre. A térképező talajtani tudása, terepi gyakorlata és adott helyi ismerete, valamint az egész térképezési munka viszonyai integrálódnak meghúzásában és persze nem hanyagolható el a térképi alap szerepe, amelyen a talajfolt térképi objektumként megjelenik. A talajfoltok méretében az ábrázolhatósági határt a felvételezés léptéke határozta meg, az adott méretarányban nem kartografálható, talajtaniilag inhomogén területeket nem határolták el. Egy megfelelően kialakított TTIR-ben azonban átléphetők a klasszikus kartográfiai korlátok, hasonlóan a már létező folthatárok finomításához, foltosztó határok is megrajzolhatók. Amennyiben valamilyen apriori információval rendelkezünk a talajfolton belüli heterogenitásról, akkor a digitális talajtérképezési eszközök segítségével próbát tehetünk ezen inhomogenitások feltérképezésére és ábrázolására is.

A Kreybig térképezés reprezentatív és nem-representatív talajszelvényeket használt a folton belüli, nem-térképezhető talaj heterogenitás jelzésére. A KDTIR-ben azonban átléphetők a klasszikus kartográfiai korlátok a nem-representatív talajszelvények helyére vonatkozó ismeret és megfelelő kiegészítő, térbeli, környezeti információk (digitális domborzat modell, ortofotók etc.) felhasználása révén (2. ábra). A foltra nem jellemző pontok helye jelzi a lokális heterogenitást, amely gyakran azonosítható a (mikro)domborzatban, földhasználatban, topográfiában vagy egyszerűen szemmel látható egy részletes felbontású légifelvételen. Ezen segédletek alapján foltosztó határok rajzolhatók, amelyek apróbb, homogénebb egységekre bontják az eredeti térképi egységeket. A szülő foltban még nem jellemzőként számon tartott talajszelvény az újonnan létrejött folt reprezentatív szelvényévé lép elő. Ezen eljárás révén mind a térbeli felbontás finomodik, mind a teljes rendszer pontossága és megbízhatósága nő. Egy másik következménye az ilyen típusú térbeli finomításnak, hogy a KDTIR egy egységes léptékű térinformatika rendszerből esetlegesen egy több szintű TTIR-ré lépjen elő a térbelileg részletesebb adatok iránya felé nyitva.

A talajtani információk terepi aktualizálása

A foltokra vonatkozó adatok általában egyidősek a térképezéssel, kivéve ha már eredendően monitoring célú és azt felvállaló felvételezés zajlott. A foltokra

meghatározott adatok azonban akár újra felvételezhetők is, amennyiben tudjuk, hol, mit és hogyan keressünk fel, határozzunk meg, mérjünk meg. A térbeli talajinformációs rendszerek, kiegészítve a terepi térinformatika eszközkészletével, ehhez hatékony segítséget nyújthatnak.

2. ábra

A talajfolt határok finomítása környezeti segédváltozók segítségével

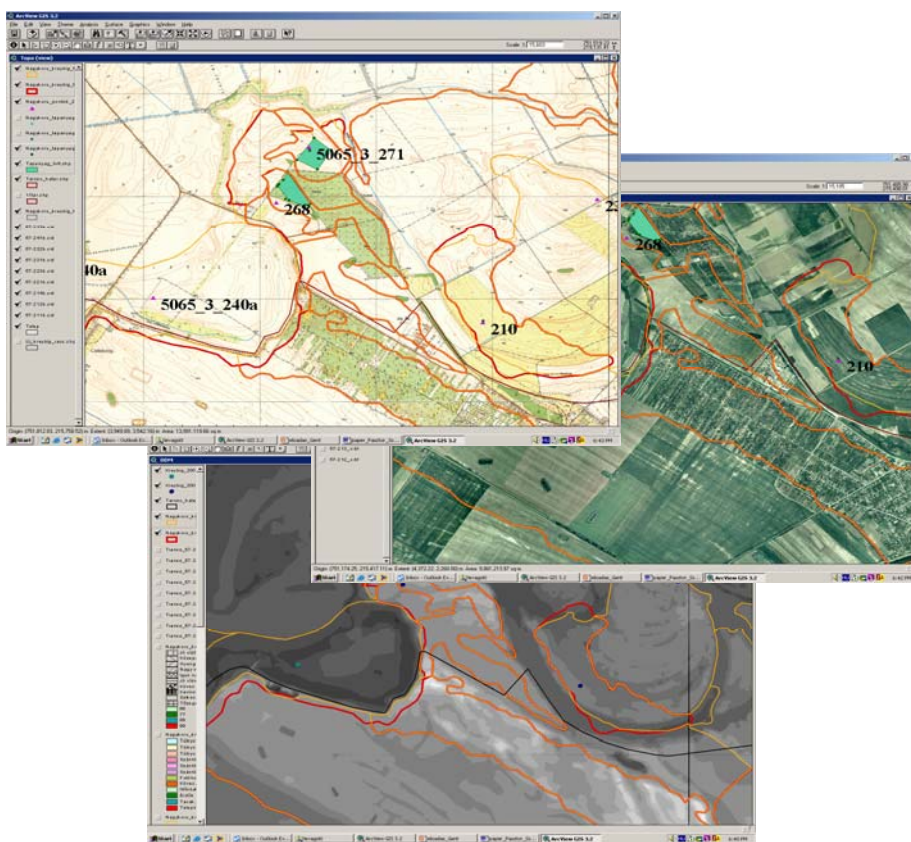


Figure 2: Spatial refinement of soil mapping units with the aid of environmental covariates

A Kreybig-féle térképek ma is aktuálisak, mert bár szerkesztésük 1934-ben kezdődött és 1944-ben, (illetve a háború alatt megsemmisült szelvények pótlásával 1951-ben) fejeződött be, a térképezett talajtulajdonságok legnagyobb részének időbeli változása nem jelentős. A pontosítások/finomítások előzőekben bemutatott lépcsőin átmert KDTIR ezen a helyzeten pedig csak legfeljebb pozitív irányban változtat. Mindazonáltal terepi verifikációs, korrelációs vizsgálatok, esetlegesen célirányosan kivitelezett mintavételezéssel kiegészítve, illetve ezek tapasztalatainak és eredményeinek a rendszerbe történő beillesztése jelentősen növelheti megbízhatóságát. Ezt a másodlagos (szó szerinti) reambulációt terepbejárással, illetve referenciaszelvények felkeresésével és

mintázásával hajtjuk végre, amihez a terepi térinformatika eszköztára tökéletes háttérrel biztosít. A kéziszámitógépeken a talajtani és topográfiai információk, illetve a szintén az ezen eszközökhöz csatlakoztatott GPS vevők együttesen könnyen kivitelezhetővé teszik mind a navigációs, mind az adatgyűjtési feladatokat (Szabó *et al.*, 2002). A referencia szelvények, illetve előre kijelölt mintavételi helyek felkereshetők, illetve a valós időben rendelkezésre álló térbeli adatok és a terepi valóság egybevetésével revideálhatók, áthelyezhetők. Szintén ezen információk adnak lehetőséget a térbeli kiterjeszthetőség vizsgálatára, egyben a térbeli alapadatok reambulálására, illetve a levont tanulságok alapján esetlegesen monitoring pontok kijelölésére. A terepi reambuláció lépései a következők:

- Az eredeti térképezés során megmintázott reprezentatív talajszelvények beazonosítása, földrajzi helyüknek topológiai is helyes meghatározása a felvételezésről rendelkezésre álló eredeti és a felkeresendő hely aktuális állapotáról rendelkezésre álló jelenlegi információ figyelembevételével.
- Terepi térinformatikával segített navigáció a felkeresendő szelvényhez.
- A hely felkereshetőségének ellenőrzése, esetlegesen új szelvény helyének kijelölése.
- A reprezentativitás meghatározása, esetlegesen új szelvény helyének kijelölése.
- Annak megállapítása, hogy a felkeresett hely elfogadható-e új Kreybig talajszelvényként kisszelvény, vagy fűrés alapján, esetlegesen új szelvény helyének kijelölése.
- Részletes talajmintavétel diagnosztikai szintenként.

KÖVETKEZTETÉSEK

A KDTIR számítógép melletti, illetve terepen történő reambulációjával új, aktuális adatok keletkeznek. Ez azonban nem azt jelenti, hogy az elsődleges feldolgozás során előálló információkat egyszerűen az újakkal kellene helyettesíteni. Az adatbázis szerkezetét alakítjuk át oly módon, hogy együttesen legyen képes kezelni a különböző időpontból származó geometriai és leíró adatokat (verziózás). Ezzel a KDTIR-t statikus térbeli talajinformációs rendszerből dinamikus térbeli talajinformációs rendszerre fejlesztjük.

Kiépítésének különböző szintjein a KDTIR eltérő megbízhatóságú talajtani adatok szolgáltatására képes. A többszintűségnek ez a fajta megnyilvánulása megőrizhető és akár hasznosítható is. Az alacsonyabb feldolgozottsági szintű és ezért egyben kevésbé is pontos (ított) adatokat gyorsabban lehet előállítani és szolgáltatni. Időnként azonban az idő faktor sokkal fontosabb szerepet játszik, mint a térbeli és/vagy tematikus pontosság. Kisebb léptéket igénylő alkalmazások számára a nyersebb adat elegendőnek és egyben gazdaságosabbnak is bizonyulhat. A DKTIR mind magasabb szintű kiépítése azt a lehetőséget is magában hordozza, hogy megbízhatóbb információkat biztosító szint segítségével megbecsüljük a „durvább” szintek által szolgáltatott adatok pontosságát.

A hagyományos talajtani tudás, a KDTIR és a terepi térinformatika integrálása a mintavételt célirányossá teszi és így a terepi munka gyorsá, hatékonyá, következőképpen gazdaságossá tehető. Viszonylag nagyobb területek (újra) felvételezhetők és jellemezhetők az aktualizált talajtulajdonságokkal, amelyeket az újra felkeresett vagy áthelyezett reprezentatív talajszelvényekben határoztunk meg, melyek reprezentativitását a KDTIR alapján a terepen igazoltuk. Másrészről, amennyiben egy részletes talajfelvételezésre kerül sor egy adott területen (függetlenül a KDTIR lététől, és nem feltétlenül annak aktualizálása céljából), annak eredményei is integrálhatók, amennyiben a gyűjtött adatok tematikusan kompatibilisek a KDTIR-rel. Ez utóbbi szintűgy a KDTIR többszintűvé válása felé mutató tevékenység lenne.

3. ábra

Az eredeti felvételezés digitális adatain, illetve az aktualizált adatbázison alapuló talajtérképek a bodrogi mintaterületen

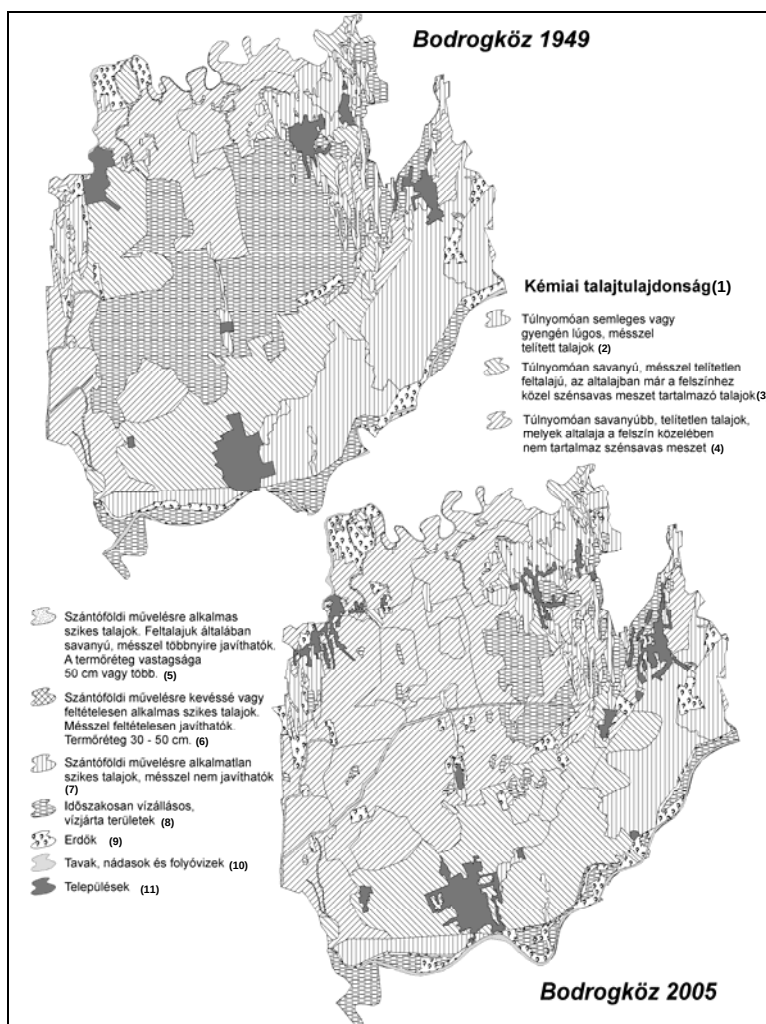


Figure 3: Map of chemical soil properties for a pilot area based on DKSIS before and after reambulation process

Chemical soil properties(1), Soils with dominantly neutral or slightly alkaline pH, saturated with calcium carbonate(2), Soils with dominantly acid pH, unsaturated with calcium carbonate, the subsoil contains calcium carbonate close to the surface(3), Soils with dominantly acid pH, unsaturated with calcium carbonate, the subsoil have no contains calcium carbonate close to the surface(4), Salt-affected soils, suitable for plough The topsoil dominantly acid, rootable depth more than 50 cm(5), Salt-affected soils, slightly suitable for plough rootable depth between 30 and 50 cm(6), Salt-affected soils, non suitable for plough(7), Permanently wet areas(8), Forests(9), Lakes, wetlands and rivers(10), Towns and villages(11),

Az újra felkeresett helyeken történő új mintavételezés lehetőséget nyújt a korábbi felvételezés során nyert (és a reambulációig egyedülként tárolt) adatokkal való összehasonlításra, melynek révén a talajtulajdonságokban mégis bekövetkezett változások detektálhatók. Ezek alapján akár trendek állapíthatók meg a talaj jellemzőkben, vagy funkciókban; degradációs folyamatok érhetők tetten, esetleg válnak előrejelezhetővé. Referenciaként szolgálhatnak az ember által okozott környezeti hatások részletes vizsgálatához. A talajszelvényekben (pontokban) meghatározott változások, folyamatok a reprezentativitás elve segítségével térbelileg kiterjeszthetők, így módon teremtve lehetőséget ezek térbeli kiterjedtségének megállapítására (3. ábra).

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetet mondunk a Kreybig archívum feldolgozásán és a terepen velünk együtt dolgozó kollégáinknak: Csökli Gabriellának, Krammer Zitának, Matus Juditnak, Zágoni Baláznak. Munkánkat a K60896 sz. OTKA és az NKFP6-00013/2005 sz. NKFP pályázat támogatja.

IRODALOM

- Baylis, K., Rausser, G., Simon, L. (2004). Agri-environmental Programs in the United States and European Union. In: G. Anania et. al. (eds.), *Agricultural policy reform and the WTO: where are we heading?*, Edward Elgar Publishing : Cheltenham, U.K.
- Beckett, P.H.T., Webster, R. (1971). Soil variability : a review. *Soils and fertilizers* 34. 1-15.
- Burrough, P.A. (2005). Steps in the Representation of Digital Soil Information: 1976-2004. DSM 2004 Montpellier 13-17 Sept. 2004. Elsevier.
- Burt, J.E., Wang, R., Zhu, A.X., Meyer, T., Hempel, J. (2006). Spatial Data Mining for Soil Survey Updates. In: *Proc. of 18th World Congr. of Soil Sci.. ASA-CSSA-SSSA. CD-ROM.*
- CEC (2002). Towards a Thematic Strategy for Soil Protect. Brussels, COM(2002) 179 Final.
- Dobos E., Michéli E., Baumgardner M.F., Biehl L., Helt T. (2000). Use of combined digital elevation model and satellite radiometric data for regional soil mapping. *Geoderma*. 97. 367-391.
- Dobos, E., Michéli, E., Montanarella, L. (2005). The development of a soil organic matter content database using 1000 m resolution DEM and MODIS data for a pilot area of Hungary. DSM 2004 Montpellier 13-17 Sept. 2004. Elsevier.
- Dobos, E., Carré, F., Hengl, T., Reuter, H.I., Tóth, G. (2005). Digital soil mapping as a support to production of functional maps. European Commission.
- Dorka D. (2004). Döntéstámogató talajinformációs rendszer kialakítása a mezőgazdaságban. *Acta Agraria Debreceniensis* 13.
- Dusart J. (2005). Adapting soil mapping practices to the proposed INSPIRE guidelines. DSM 2004 Montpellier 13-17 Sept. 2004. Elsevier.
- FAO (1976). A framework for land evaluation. *FAO Soils Bulletin*, 32. Rome.
- Flachner Zs, Farkas Cs, Pásztor L, Szabó J. (2004). A Vásárhelyi-terv továbbfejlesztésével kapcsolatos talajinformációs és monitoring munkák tapasztalatai. In: Barton G., Dormány G. eds. *II. Magyar Földrajzi Konf., CD-ROM, Szegedi Tudományegyetem.*

- Gaál Z., Máté F., Tóth G. (szerk.) (2003). Földminősítés és Földhasználati Információ, Veszprémi Egyetem : Keszthely.
- Howell, D.W., Smith, D.W. (2006). The Dusty Trail to Digital Soil Survey in California. In: Proc. of 18th World Congress of Soil Science. ASA-CSSA-SSSA. CD-ROM.
- Hubrechts L., Vander Poorten K., Vanclooster M., Deckers J. (1998). From Soil Survey to quantitative land evaluation in Belgium. European Soil Bureau. Research Report 4. 91-100.
- Lagacherie P., McBratney A.B. (2005). Spatial Soil Information Systems and Spatial Soil Inference Systems: perspectives for digital soil mapping. DSM 2004 Montpellier 13-17 Sept. 2004. Elsevier.
- Lagacherie, P., (2006). Digital Soil Mapping: A state of the art – Opening Keynote. In: Mendonça-Santos, M.L., McBratney, A.B. (Eds.). Proc. of the 2nd Global Workshop On Digital Soil Mapping. Embrapa. CD-ROM.
- Leenhardt D., Voltz M., Bornand M., Webster R. (1994). Evaluating soil maps for prediction of soil water properties. European Journal of Soil Science, 45. 3. 293-301.
- Lim K.J., Engel B.A. (2003). Extension and enhancement of national agricultural pesticide risk analysis (NAPRA) WWW decision support system to include nutrients. Computers and Electronics in Agriculture 38. 227-236.
- Magyari J. (2005). Térinformatikai módszerek alkalmazása az agrár-környezetgazdálkodás és vidékfejlesztés területén. Doktori értekezés, SZIE KTI.
- McBratney A.B., Mendonça Santos M.L., Minasny B. (2003). On digital soil mapping. Geoderma, 117. 3-52.
- Mermut A.R., Eswaran, H. (2000). Some major developments in soil science since the mid-1960s. Geoderma, 100. 403-426.
- Molnár Zs., Kun A., Bölöni J., Király G. (1999). Az élőhely-térképezés alkalmazása a biodiverzitás monitorozásában. In: Kun A., Molnár Zs. (szerk.): Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer XI. Élőhely-térképezés. Scientia Kiadó : Budapest, 16-19.
- McKenzie N., Gallant J. (2005). Digital soil mapping with improved environmental predictors and models of pedogenesis. DSM 2004 Montpellier 13-17 Sept. 2004. Elsevier.
- Nachtergaele F., van Ranst E. (2002). Qualitative and Quantitative Aspects of Soil Databases in Tropical Countries. In: Evolution of Tropical Soil Science: Past and Future.
- Németh Á. (2004). Az aszályérzékenység meghatározása térinformatika alkalmazásával. Acta Agraria Kaposváriensis 8. 3. 25-34.
- Németh T., Szabó J., Pásztor L., Bakacsi Zs. (2000). Kis- és nagyméretarányú talajtani információk szerepe a Nemzeti Agrár-Környezetgazdálkodási Programban. Talajvédelem. 8. 3-4. 53-60.
- Pálfai I., Bozán Cs., Herceg Á., Kozák P., Körösparti J., Kuti L., Pásztor L. (2004). Komplex Belvíz-veszélyeztetettség Mutató (KBM) és Csongrád megye ez alapján szerkesztett belvíz-veszélyeztetettség térképe. In: Barton G., Dormány G. (szerk.) II. Magyar Földrajzi Konferencia, CD-ROM, Szegedi Tudományegyetem : Szeged.
- Pálmai O. (2006). A hazai talajtani gyakorlat, az ONTSZ intézmények helyzete. Talajtani Vándorgyűlés
- Pásztor L., Suba Zs., Szabó J., Várallyay Gy. (1998). Land degradation mapping in Hungary. In: J.F. Dallemard, V. Perdigo (eds.) EUR 18050 – PHARE Multi-Country Environment Programme MERA Project Proceedings, European Commission, 43-54.

- Pásztor L., Szabó J., Bakacsi Zs. (2002a). Compilation of a national 1:25,000 scale digital soil information system in Hungary. In: Proceedings of the 17th World Congress of Soil Science, Bangkok, CD-ROM.
- Pásztor L., Szabó J., Bakacsi Zs. (2002b). GIS processing of large scale soil maps in Hungary. *Agrokémia és Talajtan*, 51. 273-282.
- Rossiter D.G. (2004). Digital soil resource inventories: status and prospects. *Soil Use & Management* 20. 3. 296-301.
- Rossiter, D.G. (2006). Making the Old New: Rescue, Reuse and Renewal of Legacy Soil Surveys. In: Proc. of 18th World Congress of Soil Science. ASA-CSSA-SSSA. CD-ROM.
- Selvaradjou, S-K., Montanarella, L., Spaargaren, O., Dent D. (2006). An accessible digital archive of soil maps. In: Proc. of 18th World Cong. of Soil Sci. ASA-CSSA-SSSA. CD-ROM.
- Soil Survey Staff (1993). Soil Survey Manual. Handbook No 18. USDA, Washington, D.C.
- Szabó J. (2002). Compilation of a watershed level, complex land information system for internet service. *Agrokémia és Talajtan*, 51. 283-292.
- Szabó J., Bakos L., Pásztor L., Cservenák R., Pogrányi K. (2002). GPS és internet alapú térinformatikai alkalmazás a mezőgazdasági szaktanácsadás támogatására, *Acta Agraria Kaposvariensis*, 6. 39. 3-13.
- Szabó L. (2004). A GIS alkalmazása a növény és talajvédelemben. ESRI Magyarországi Felhasználói konferencia, 2004. dec. 1.
- Takács P., Tamás J., Lénárd Cs. (2004). Virtuális talajinformációs rendszerek kialakítása a Bihari-sík és a Tedej Rt. Területén. *Acta Agraria Debreceniensis* 13.
- Tamás J. (2001). Precíziós mezőgazdaság elmélete és gyakorlata. Szaktudás Kiadóház.
- Thwaites R.N. (1999). Soil maps-simple information tools or complex decision aids? Australian Association of Natural Resource Management 2. 1.
- Tóth T., Németh T., Fábián T., Hermann T., Horváth E., Patocskai Z., Speiser F., Vinogradov Sz., Tóth G. (2006). Internet-based land valuation system powered by a GIS of 1:10,000 soil maps. *Agrokémia és Talajtan*, 55.109-116.
- Várallyay Gy., Molnár E. (1989). The agro-topographical map of Hungary (1:100,000 scale). *Hung. Cartograph. Studies*. 14th World Conference of ICA-ACI, Budapest. 221-225.
- Várallyay, Gy., Szabó, J., Pásztor, L., Michéli, E. (1994). SOTER (Soil and Terrain Digital Database) 1:500.000 and its application in Hungary. *Agrokémia és Talajtan*, 43. 87-108.
- Várallyay G., Pásztor L., Szabó J., Michéli E., Bakacsi Zs. (2000). Soil vulnerability assessments in Hungary. In: N.H. Batjes, E.M. Bridges (eds.) *Soil and Terrain Database, Land Degradation Status and Soil Vulnerability Assessment for Central and Eastern Europe*, FAO Land and Water Digital Media Series 10, CD-ROM, FAO.
- Várallyay Gy. (1989). Soil mapping in Hungary. *Agrokémia és Talajtan*, 38.696-714.
- Várallyay Gy. (2001). A talaj vízgazdálkodása és a környezet. *Magyar Tudomány*. XLVI. 7. 799-815.
- Walter C., Lagacherie P., Follain S. (2005). Integrating pedological knowledge into soil digital mapping. DSM 2004 Montpellier 13-17 Sept. 2004. Elsevier.
- Webster R. (1997). Soil resources and their assessment. *Phil. Trans. R. Soc. Lond B* 352. 963-973.

Wösten, J.H.M., Lilly, A., Nemes, A., Le Bas, C. (1998). Using existing soil data to derive hydraulic parameters for simulation models in environmental studies and in land use planning. DLO Winand Staring Centre, Report 157, Wageningen, the Netherlands.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Pásztor László

MTA TAKI

1022 Budapest, Herman Ottó út 15.

RISSAC HAS

H-1022 Budapest, Herman Ottó út 15.

Tel.: 36-1-356-3694, Fax: 36-1-355-1440

e-mail: pasztor@rissac.hu



Közlekedési események automatikus felismerésének modellje

Max Gy.

Budapest Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszék, 1521 Budapest, Pf. 91

ÖSSZEFOGLALÁS

A közlekedés manapság sok kellemetlenség okozója. Ma már mindennaposak a balesetekről, a forgalomelterelésekről és a dugókról szóló hírek. A többsávos utak sem jelentenek mindenhol megoldást főleg, ha figyelembe vesszük ezek helyigényét. A rosszkedvű, arrogáns vagy ittas vezetők is egyre nagyobb veszélyt jelentenek a zsúfolt utakon. Legtöbbjük figyelembe sem veszi a közlekedési szabályokat, így okozva balesetet egy hirtelen kanyarodással vagy helytelen sebesség megválasztással. A veszélyforrást jelentő események felismerésére és kezelésére egyre hatékonyabban térfigyelő rendszereket használnak. Ezek rendszerek mind több és jobb minőségű információt adnak a megfigyelt területekről. Az automatikusan gyűjtött közlekedési információk már akár real-time módon, előfeldolgozott formában is hozzáférhetőek. A cikk azokat az alapproblémákat feszegeti, amelyek nélkül ezek az információk nem juthatnának el a forgalomirányítókig.
Kulcsszavak: (képfeldolgozás, forgalom felismerés, közlekedési szabályok)

ABSTRACT

Model of automatic recognition of traffic events

Gy. Max

Budapest University of Technology and Economics, Department of Automatization and Applied Informatics,
H-1521 Budapest, POB. 91

In recent years, the volume of traffic has become a significant problem. Consequently, accidents and traffic jams are far more likely than a century ago. Many of us living in metropolitan areas got used to the every-day traffic news about congestions. Early solutions attempted to lay more pavement to avoid jams, but adding more lanes is becoming less and less feasible. Besides, reckless, confused (e.g. ghost drivers) or drunken car drivers are more and more a source of danger and cause many terrible accidents and jams. Most of them ignore traffic rules and drive prohibitively in wrong directions or exceed speed limits. Instead of increasing the capacity of existing infrastructure, contemporary solutions of visual surveillance try to use roads more efficiently. Thereby, more and better traffic information which is automatically gathered in real-time is emphasized. Such information can be traffic parameters like traffic volume, occupancy and vehicle's speed. This paper collects basic knowledge that are necessary to complete these tasks.

Keywords: (image processing, traffic recognition, traffic rules)

BEVEZETÉS

Kamerák által rögzített közlekedési események feldolgozására már többféle elmélet és technika látott napvilágot (Dailey, 2000). Egyes szerzők a közlekedési objektumok

mozgásegységeinek megadásával (Hämäläinen, 2006), míg mások formális leírótechnikák felhasználásával próbálják algoritmizálni a problémát (Maniccan, 2005; Köhler, 2006), de a legtöbb megoldás képfeldolgozás területén született (Cho, 2005; Cucchiara, 2000; Hu, 2004; Park, 2006; Rabie, 2002). A tényleges információgyűjtés azonban minden esetben képi információk gyűjtésével kezdődik. A bejövő képek bitszintű adatai adják az információ forrását. Erről, a legalacsonyabb adatszintről, a különböző képfeldolgozási technikák felhasználásával kell eljutnunk a döntéshozatali szintig (Aguilar-Ponce, 2005). A mi feladatunk, hogy megtaláljuk azt a kapcsolat-rendszert, amely az input képek adataiból megalkotja a döntést.

A MODELL

Modellünkben, a közlekedési események szemléltetéséhez és a mozgások követéséhez kétdimenziós leírást használunk, amelyen tanulmányozhatjuk a közlekedés különböző mozzanatait, mint pl. az előzést, a kanyarodást, a dugókat vagy akár a közlekedésben résztvevők viselkedési mintáit. A mozgások leírásánál, a gyakorlati tapasztalatokat figyelembe véve, négy vagy hat irányban követjük a résztvevők mozgását: előre, hátra, jobbra, balra valamint jobbra előre és balra előre. Induláskor, a felületen lévő mozgó objektumok véletlenszerűen és számban helyezkednek el, akárcsak egy pillanat-felvétel. Az 1. ábrán látható modell feladata, hogy ezen kezdeti értéket mellett, egyéb feltételek ismerete nélkül is, automatikusan fel tudja ismerni az éppen folyó közlekedési eseményeket és a közlekedési szabályok ismerete mellett tudja értelmezni a közlekedésben résztvevők szokásait.

Modellünk két – képfelismerő és szabályfelismerő – alrendszerből áll. A képfelismerő rendszer három – képközel, kommunikációs és beavatkozó – réteget, míg a szabályfelismerő két réteget tartalmaz.

Képközel réteg

A felismerés elengedhetetlen feltétele a kamera. Az események feltérképezéséhez használhatunk egy, de akár több kamerát is (Höraud, 2006). A kamerákat többnyire vízszintesen állítjuk be úgy, hogy vizsgált felület minél nagyobb legyen. Számos esetben azonban, ahol ez megoldható, a függőleges kamera felfüggesztés javasolt. A terület geometria felépítésének ismerete általában nem szükséges, ha azonban rendelkezésre áll, segíthet a szokatlan közlekedési események (pl. szabálytalan sávváltás, dugó vagy baleset) feltárásánál.

A képközel réteg feladata a kamerák által felvett képeken a mozgó objektumok detektálása. Egyszerű kocka modellt használunk hat csúcsponttal a mozgó objektumok háromdimenziós adatainak meghatározásánál. Ugyanezt a modellt használjuk a járművekhez kapcsolódó árnyékok felismerésénél is, amely hat lehetséges kapcsolatot ír le az objektum, a fényforrás és a kamera között (Mikic, 2003; Yoneyama, 2003). A 2. ábrán fényforrás iránya pirossal, a mozgó objektum kékkel, az árnyéka narancssárgával van jelölve és azt az esetet mutatja be, amikor oldalsó fényforrás veti az árnyékot. A kék vonalak, mint fényforrás irányok mentén végighaladva megkapjuk a további öt megvilágítási formát is. Ezek segítségével meghatározható az árnyék nélküli mozgó objektum geometria mérete. A réteg kimenete tehát a mozgó objektum helye, mérete és nyomvonala.

A látási viszonyok miatt alapvetően különböző eljárást használunk a nappali és az éjszakai detektáláshoz.

1. ábra

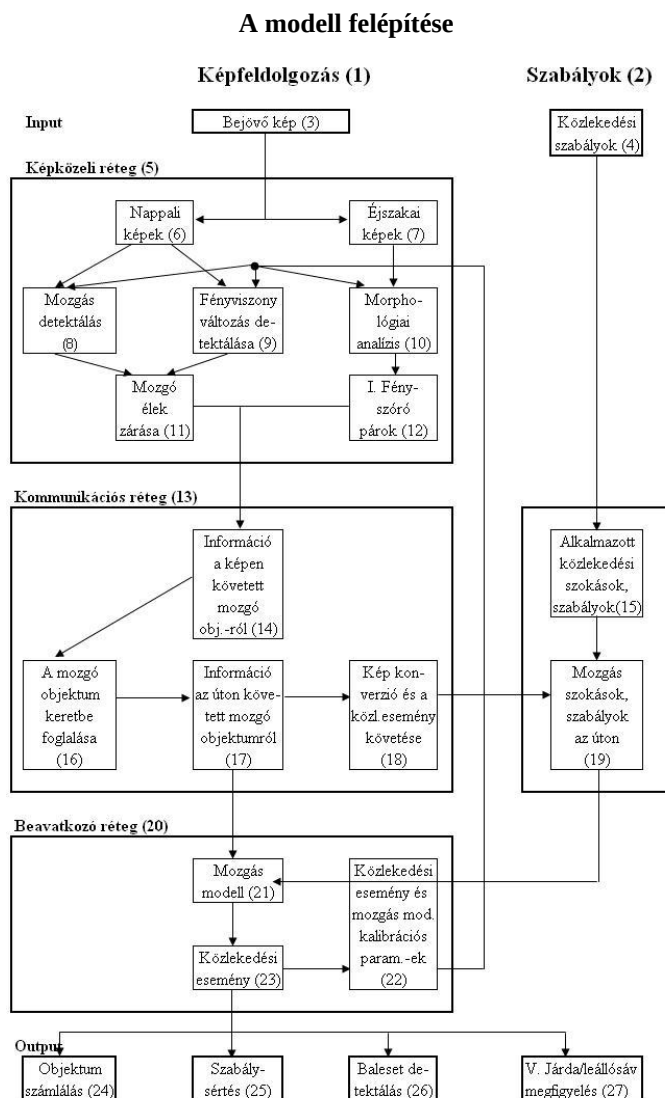


Figure 1: Structure of the model

Image processing(1), Rules(2), Incoming image(3), Traffic rules(4), Image layer(5), Daylight images(6), Night images(7), Motion detection(8), Luminance variation detection(9), Morphological analysis(10), Moving edge closure(11), Headlight pairing(12), Communication layer(13), Tracking object information on image plane(14), Applied habits and traffic rules(15), Moving vehicle in frame(16), Tracking object information on road plane(17), Image plane conversion and traffic flow(18), Motion habits and rules on the road plane(19), Layer of intervention(20), Motion model(21), Traffic event and motion model plane calibration parameters(22), Traffic events(23), Count vehicles(24), Rule violation(25), Accident detection(26), Pavement monitoring(27)

Kommunikációs réteg

A kommunikációs réteg megpróbálja analizálni a bejövő kép és az útfelület külvilág kapcsolatát. Igazi kapcsolat nincs a külvilág és a kép között, mivel nincsenek ismereteink a külvilágról. Nem tudjuk pl. a felfestett közlekedési sáv helyét, csak a forgalom alapján tudunk következtetni vagy becslést adni rájuk. Ha egy a kétdimenziós képen látható $p_k=(x_p, y_p)$ pontot meg akarjuk feleltetni az útfelszín $p_r=(x_r, y_r)$ pontjának, az a következő reláció segítségével oldhatjuk meg. A feladat megoldásához legalább négy képpont pár ismerete szükséges a kép és az útfelület között, hogy meg lehessen határozni az (1) összefüggés „a” paramétereit.

$$x_r = \frac{a_{00} \cdot x_p + a_{01} \cdot y_p + a_{02}}{a_{20} \cdot x_p + a_{21} \cdot y_p + 1}, \quad y_r = \frac{a_{10} \cdot x_p + a_{11} \cdot y_p + a_{12}}{a_{20} \cdot x_p + a_{21} \cdot y_p + 1} \quad (1)$$

Az egyik lehetséges megoldás az, hogy választunk egy útjelekkel jelzett téglalapot az út felületén. Ez a megoldás akkor használható, ha a kamera tisztán látja ezeket a pontokat. A réteg kimenete az útfelületen követett objektum adatai, amelyet a bejövő képről kaptunk. A kapott információkat a kiegészítő modulon keresztül visszacsatoljuk.

2. ábra

Oldalról megvilágított objektum



Figure 2: Side-lightened moving object

Beavatkozó réteg

Ez a réteg felelős a kommunikációs réteg és a kiegészítő modul által összegyűjtött információk alapján a közlekedési esemény azonosításáért. A kiegészítő modul analizálja a helyszíni információkat, mint pl.: az egyes sávok helyét vagy a sávok számát. Bár számos technika ismert a sávokra vonatkozó információk feldolgozására, az általunk választott módszer statisztikai feldolgozásnak számít. A mozgó objektumok középvonalának átlagolását használjuk erre a célra, mivel a legtöbb detektált mozgó objektum útjának legnagyobb részét ugyanabban a sávban teszi meg. Miután azonosítottuk a helyszínt a kiegészítő modul a közlekedési szabályokat az adott helyszínhez tartozó hely és mozgás információkra fordítja le.

Két egyszerű példán - sávváltoztatás és dugó esetében – bemutatjuk az elvégzendő feladatokat. A kiválasztott mozgó objektum a fentiek szerint lesz detektálva a következő feltételek szerint:

1. Minden mozgó járművek besorolunk valamelyik, a modell által detektált sávba. Ha az aktuális képen a besorolt sáv különbözik az előzőtől, akkor az sávváltást jelent.
2. Dugót akkor detektálunk, ha a különböző sávokban álló mozgó objektumok átlagsebessége az aznapi átlagsebességhez tartozó, előredefiniált érték alatt marad. Bár ezt az értéket előre kell definiálni, az egyes közlekedési eseményeket már könnyű megfigyelni miután beállítottuk ezt az értéket. Bár a határértékeket ez a réteg generálja, a kapott értékeket visszacsatoljuk a kiegészítő modulon keresztül az összes azonosított mozgó objektumra. Ha ez az érték minden mozgó objektumra igazzá válik, akkor bekövetkezett a megfigyelni kívánt közlekedési esemény.

Közlekedési szabályok réteg

Ez a réteg tartalmazza az alkalmazható közlekedési szabályokat. Ezek a szabályok általános érvényűek. Pl. Piros lámpánál a mozgó objektumoknak meg kell állni vagy jobbra kanyarodni csak a legszélső sávból lehet. Itt történik meg az egyes mozgásformák azonosítása, a forgalomirányító berendezések értelmezése, de a hibák azonosítása ennek a rétegnek a feladata.

Szokások réteg

Ez a réteg tartalmazza a megfigyelt területen alkalmazott közlekedési szabályokat. Az információgyűjtés után itt történik meg a szabálymintákkal történő összehasonlítás, amelyekből új mozgásformákra következtethetünk. Pl. Sarok előtt balra húzódás egy sávon belül, legtöbbször jobbra fordulási szándékot (vagy sávváltás kezdetet) jelez. Ez a réteg, a beavatkozó réteggel együttműködve, szűri ki a szabálytalanságokat.

MÉRÉSI EREDMÉNYEK

Ebben a fejezetben néhány mérési eredményt mutatunk be. A 3. ábrán a képközeli és kommunikációs réteg által azonosított mozgó objektumot mutatjuk be az árnyék eltüntetését után. Minden detektált objektumot a saját sávjában követünk. A vörös vonal a követett objektum mozgás útvonalát, trajektóráját mutatja be, a méreteket sárga vonal jelzi. A trajektóra a mozgó objektum számított középvonalának mértani helyét adja meg.

3. ábra

Mozgó objektumok detektálása

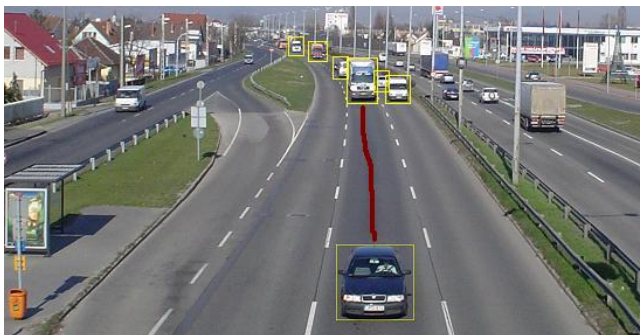


Figure 3: Detecting moving objects

A 4. és 5. ábra egy sávváltoztatás kezdetét és végét mutatja be. A manőver során a mozgó objektum sávváltásának követése is megvalósul.

4. ábra

Sávváltoztatás kezdete

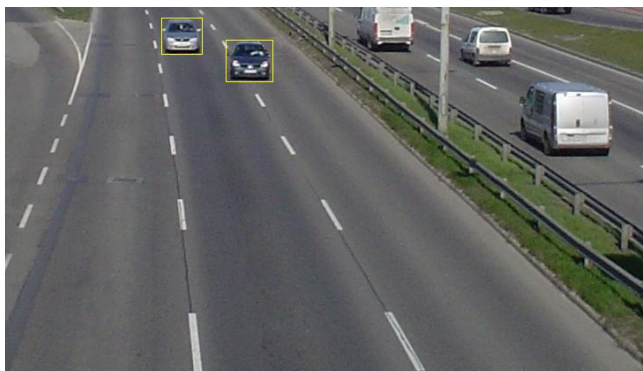


Figure 4: Start of lane change

5. ábra

Sávváltoztatás befejezése

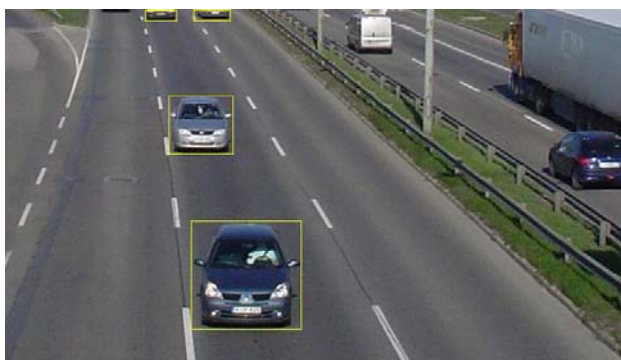


Figure 5: End of lane change

KÖVETKEZTETÉSEK

A cikkben megadtuk egy lehetséges közlekedési megfigyelő modell alapjait. Bemutattuk a modellben kialakítandó rétegek felépítését. Rámutattunk arra, hogy a modellnek nem szükséges pontosan ismernie a megfigyelése alá tartozó helyszínt, mert enélkül is el tudja végezni méréseit és kiértékelő munkáját. A mozgási folyamatokat megfigyelve a modell képes összerakni a megfigyelni kívánt folyamatokat. A kiértékelési folyamatokat a jövőben nemcsak nappali, hanem éjszakai, esős vagy ködös időjárási viszonyok mellett is biztosítani szeretnénk.

IRODALOM

- R. Cucchiara, M. Piccardi, P. Mello (2000). Image analysis and rule-based reasoning for a traffic monitoring system. *IEEE Trans. on Intelligent Transportation Systems*, 1. 2. 119-130.
- A. Yoneyama, C.H. Yeh, C.-C. Jay Kuo (2003). Moving cast shadow elimination for robust vehicle extraction based on 2D joint vehicle/shadow models. *IEEE Proc. International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance*, 229-236.
- R. Aguilar-Ponce, A. Kumar, J.L. TecpanecatI-Xihuitl, M. Bayoumi (2005). Autonomous Decentralized Systems Based Approach to Object Detection in Sensor Clusters. *IEICE/IEEE Joint Special Section on Autonomous Decentralized Systems*. 4462-4469.
- J. Cho, T. Kwon, D. Jang, Ch. Hwang (2005). Moving Cast Shadow Detection and Removal for Visual Traffic Surveillance. S. Zhang and R. Jarvis (Eds.): *AI 2005, LNAI 3809*, pp. 746 – 755, Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- T. Rabie, A. Shalaby, B. Abdulhai, A. El-Rabbany (2002). Mobile Vision-based Vehicle Tracking and Traffic Control. *IEEE 5th Int'l Conference on Intelligent Transportation Systems*, Singapore
- D. J. Dailey, F. W. Cathey, S. Pumrin (2000). An Algorithm to Estimate Mean Traffic Speed Using Uncalibrated Cameras. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 1. 2. 98-107.
- S. Maniccam (2005), Effects of back step and update rule on congestion of mobile objects. *Physica A* 346. 631–650.
- W. Hu, T. Tan, L. Wang, S. Maybank (2004). A Survey on Visual Surveillance of Object Motion and Behaviors. *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics. Part C: applications and reviews*, 34. 3. 334-351.
- D. Park, Ju. Kim, Ja. Kim, S. Cho, S. Chung (2006), Motion Detection in Complex and Dynamic Backgrounds. *PSIVT 2006, LNCS*, Springer-Verlag : Berlin Heidelberg, 4319. 545-552.
- R. Horaud, D. Knossow, M. Michaelis (2006). Camera cooperation for achieving visual attention. *Machine Vision and Applications* 16. 6. 331–342.
- A. Hämmäläinen (2006). *Studies of Traffic Situations Using Cellular Automata*. Laboratory of Physics, Helsinki University of Technology : Helsinki, ISBN 951-22-8368-9
- I. Mikic, P.C. Cosman, G.T. Kogut, M.M. Trivedi (2003). Moving Shadows and Object Detection in Traffic Scenes. *Proceedings of the 15th International Conference on Pattern Recognition, Barcelona, Spain*, 1. 321-324.
- J. Köhler, J. Tapamo (2006). Formal specification of region-based model for semantic extraction in road traffic monitoring. *Association for Computing Machinery, ACM* 1-59593-288-7/06/0001, 155-159.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Max Gyula

Budapest Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszék
1521 Budapest, Pf. 91.

*Budapest University of Technology and Economics,
Department of Automatization and Applied Informatics,
H-1521 Budapest, POB. 91*

Tel: 36-1-463-2870, fax: 36-1-463-2871

e-mail: max@aut.bme.hu



3D szkennerek kamera zajmodelljének validációja

Kovács T.

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszék
Budapest, 1111 Goldmann György tér 3.

ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk bemutatja egy aktív triangulációs 3D szkennerek fejlesztését. Külön figyelmet kap a vonalkövető algoritmus. Egy zajmodellt feltételezve az aktuális zajeloszlás paraméterek ismeretében a vonalkövetés pontossága becsülhető. A cikk célja ennek a zajmodellnek a validációja a kiválasztott rendszerkomponensekkel. Ismertetésre kerül a zajmodell vizsgálatához összeállított mérési elrendezés, mellyel az elemzés alapjául szolgáló mintasorozat került felvételre, illetve részletesen tárgyalásra kerül, hogy a zajmodell egyes összetevőit milyen módon lehetett a valóságos rendszerben igazolni.

(Kulcsszavak: aktív triangulációs szkennerek, videó zaj, Chi illeszkedési teszt, normális eloszlású zaj, pixel intenzitások függősége)

ABSTRACT

Validity Checking of the 3D Scanner Camera Noise Model

T. Kovács

Budapest University of Technology and Economics, Department of Automation and Applied Informatics
Budapest, H-1111 Goldmann György tér 3.

The paper presents the development of an active triangulation laser scanner focusing on the line following algorithm. Assuming a video noise model the accuracy of the line following can be estimated based on the actual noise distribution parameters. The target of the paper is to validate the noise model with the installed system components. The measurement configuration is presented. The pattern set was recorded with this installation. The method for the validation of the components of the noise model is described in details.

(Keywords: active triangulation scanner, video noise, Chi goodness-of-fit test, normal noise distribution, dependency of pixel sensitivity)

BEVEZETÉS

A szerző által fejlesztett rotációs tárgyasztallal szerelt aktív triangulációs lézerszkennerek konfigurációt mutat be az 1. ábra, amely Shirai (1987) által ismertetett elveken alapul. A rendszer függőleges fénykést alkalmaz megvilágításnak.

A berendezés komponensei a következők:

Rotációs tárgyasztal: a tárgyasztalt soros vonalon vezérelt léptető motor forgatja szíjhajtáson keresztül. A kommunikációt mikrokontroller alapú elektronika végzi.

Fényforrás: a fényforrás egy He-Ne lézer, melynek fényét egy nyalábszűkítés után egy hengerlencsével húzzuk függőleges vonallá. Lehetőség van a vonal nem kívánt részeinek kitakarására.

Képfelvevő rendszer: a kamera egy Lumenera 130C típusú, 1.3 megapixel felbontású színes CCD kamerafej, mely USB kapcsolatban van a számítógéppel. A kamera alacsony szintű parancsokkal programozható, így például elérhető a natív, feldolgozatlan pixel folyam is. A driver C++ nyelven készült, C#-hoz illesztve.

Szerkezet: a pontosság érdekében nagyon masszív és pontosan kialakított, alumínium ötvözetből készült váz hordozza a többi komponenst (ITEM rendszer). A nem kívánt optikai reflexiót a szerkezet feketére eloxálásával érjük el.

Szoftver környezet: a rendszer alacsony szintű kommunikációja C++-ban íródott, míg a keretrendszer, a 3D modellalkotás, a megjelenítés .NET C# kódolású. A megjelenítés DirectX-et használ.

A rendszer által felvett koordináta rendszert mutatja a 2. ábra.

1. ábra

Az aktív triangulációs lézerszkennер a rotációs tárgyasztallal.



Figure 1. The active triangulation scanner with the rotating table.

2. ábra

A berendezés koordinátarendszerének vázlata és komponensei

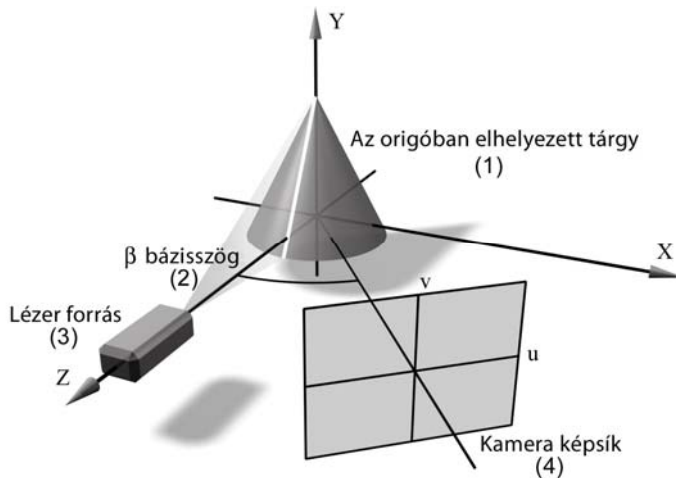


Figure 2. The draft of the coordinate system and system components

Object in the origin(1), β base angle(2), laser source (3), camera image plane(4)

A VONALKÖVETŐ ELJÁRÁS

A zajmodell

A képfelvevő rendszerek mindig zajjal terhelt képet szolgáltatnak. Jelen esetben zajnak tekintjük azt a jelenséget, mikor a változatlan fényviszonyok mellett készült képek közt véletlenszerű különbségek mutatkoznak. A további vizsgálatokhoz a következő zajmodellt állítjuk fel. A fénykés képe két elvi komponensből áll:

- A vonal zajmentes képe. Kamera koordinátarendszerben a vonalak u irányú metszete Gauss profilú, hiszen az egy módusú gázlézerek intenzitásprofilja ilyen (Harry, 1979). Az amplitúdó és a félérték-szélesség változhat.
- A videó rendszer zaja. Ezt tekintjük egy független, normális eloszlású, 0 várható értékű additív zajnak (valószínűségi változónak), σ_N szórással. Ebben a modellben a zaj legyen független az intenzitástól és a frame buffer koordinátáktól is.

A vonal képét kétféle forrásból származó zaj terheli: a képszenzor videó zaja, illetve a lézer rendszerekre jellemző folt zaj (speckle noise). Ez utóbbi nem tárgya jelen cikknek.

A vonalkövető eljárás

A lézerszkennerek függőleges fénykessel dolgozik. A fényforrás, a kamera és a tárgyasztal olyan elrendezésben került installálásra, hogy a frame bufferben keletkezett képen a vonal képe minden sor mentén legfeljebb egyszer metszhető. Így a vonalkövetés első lépése, hogy egy vízszintes pászta mentén keresünk intenzitásmaximumot. Mivel a He-Ne lézerforrás intenzitás-keresztmetszete Gauss profilú, így a hengerlencsével széthúzott vonal keresztmetszete is ilyen lesz. Így az ideális vonal közepe jó közelítéssel meghatározható egy Gauss-regresszióval:

$$m = \frac{\sum_{i=1}^n (u_i - \bar{u}) \ln p_i}{2 \sum_{i=1}^n (u_i - \bar{u})^2} \cdot \frac{\left(\sum_{i=1}^n (u_i - \bar{u})^2 \right)^2 - n \sum_{i=1}^n (u_i - \bar{u})^4}{n \sum_{i=1}^n (u_i - \bar{u})^2 \ln p_i - \sum_{i=1}^n \ln p_i \cdot \sum_{i=1}^n (u_i - \bar{u})^2} + \bar{u} \quad (1)$$

ahol m a vízszintes pozíció valós, u a képernyő koordináta rendszer vízszintes komponense, p egy pixel intenzitásértéke.

A kezdőpont megtalálása után meg kell határozni a vonal irányát az adott pontban. Az irány egy szögérték lesz, amit a következő összetevőkből állítunk össze:

- Az irány meghatározó algoritmus ablakmérete, ami a távolba tekintés mértéke is. A zaj jellegétől, mértékétől függően ez a paraméter ad lehetőséget a vonalkövetés pontosságának állítására.
- A szögmátrix, mely az egyes celláiban azt a szögértéket tartalmazza, amit a függőleges felfelé mutató vonal és az ablak középpontját az adott cella középpontjával összekötő vonal közt mérünk.
- A maszkmátrix, melynek cellái 0-1 közti értékeket tartalmaznak. A maszkmátrix egy simított szélű félkört tartalmaz, mely minden lépésnél az előző lépés irányába áll.

A következő lépés irányát adja meg a következő kifejezés:

$$D = \frac{\sum_{i=-s}^s \sum_{j=-s}^s I_{u+i,v+j} \cdot A_{i,j} \cdot \varphi_{i,j}}{\sum_{i=-s}^s \sum_{j=-s}^s I_{u+i,v+j} \cdot A_{i,j}} \quad (2)$$

Ahol I az intenzitás mátrix (az ablak), A a maszk mátrix, és végül φ a szögmátrix. Mindhárom négyzetes mátrix oldalmérete (egyben az ablakméret) $2s+1$.

Ismerve a zajmodellt és a konkrét esetben a zaj paramétereit, statisztikai állításokat fogalmazhatunk meg a D irány pontossága, az s paraméter és a zaj jellemzők ismeretében (Kovács, 2001).

A zajmodell helyessége

A fejlesztés során számos digitális kamera (Canon PowerShot G3, Nikon CoolPix 5700, Nikon D70, Vision Components, Lumenera 130C) került fókuszba abból a szempontból, hogy a korábban ismertetett zajmodell mennyire fogadható el. Nem minden kamera esetén volt helytálló a zajmodell alkalmazása, azonban a beépítésre került Lumenera 130C kamera megfelelőnek bizonyult. Nem volt elfogadható azon készülékek képének hisztogramja, mely már vizuálisan sem mutatta a normális eloszlásra jellemző harang jelleget, így a normalitást vizsgáló teszten nyilvánvalóan kiesett volna.

A vizsgálat mérési elrendezése a 3. ábrán látható.

A cél egy olyan mérési elrendezés kialakítása volt, melyben összehasonlítható módon vizsgálható egy képfelvevő szenzor zaja. Ehhez egy időben stabil fényforrásra van szükség, melyet a környezeti fény kizárásával úgy csatolunk a szenzorhoz, hogy a fényfelvevő felületre homogén megvilágítás jusson. A szenzor előtt leképező optikát nem alkalmaztunk. A fényforrás egy fém-halogén lámpa volt, melyet egy stabilizált egyenáramú energiaforrásról hajtottunk, így a forrás intenzitása szabályozható volt. A szórt fény kialakítása érdekében a fényforrás és a szenzor között 6 maratott felületű mattüveg került elhelyezésre.

3. ábra

A kísérleti elrendezés a zajméréshez.

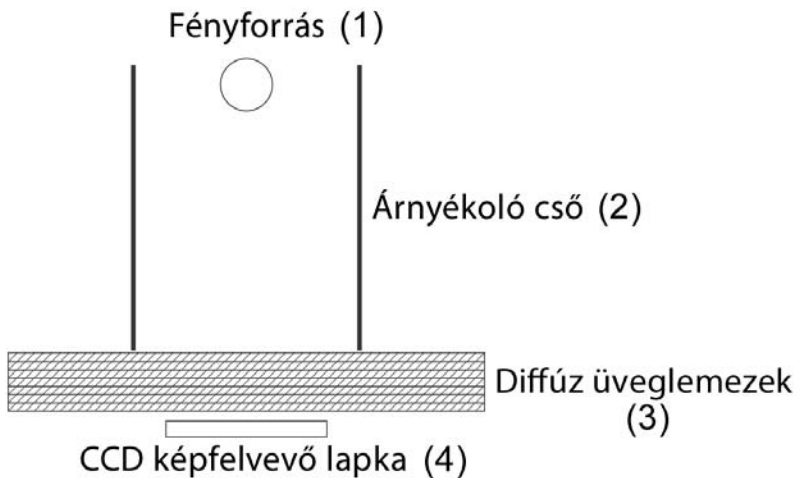


Figure 3. The experimental layout for the noise measurement.

Light source(1), Shading tube(2), Diffuse glass layers(3), CCD sensor(4)

A kamera expozíciós ideje 3 msec volt. Három, egyenként 200 képből álló sorozat került felvételre. Az első sorozat intenzitás átlaga 30, a másodiké 128, míg a harmadiké 225.

A még körültekintőbb előkészítés során kikalkuláltuk az egyes tartományokra jellemző fix mintát, mely magában hordozza többek között a vignettálás hatását, illetve az eltávolíthatatlan por vagy felületi sérülés eredményeit. Ezt a fix mintát az elemzés során minden egyes képből kivontuk, így végül valóban csak a zaj hatását vizsgálhattuk. Az elemző program .NET C# nyelven készült. A program beépített interpretere hajtotta végre az előre összeállított mérési terv utasításait.

Következő lépésként az adathalmaz feldolgozása következett. Egy pixel intenzitását, mint valószínűségi változót vizsgáltuk. A három intenzitás osztályból 10-10 véletlen mintát generáltunk. Egy minta egy véletlenszerű koordinátpár által reprezentált pixel 200 értéke volt egy intenzitáosztályban. Így tehát 30 db 200 elemű mintával indult az elemzés.

A feladat a minták normális eloszlásának igazolása vagy cáfolata volt. Pontosabban azt a hipotézist kell tesztelni, hogy a pixel intenzitás valószínűségi változó 2.5% szignifikanciával modellezhető-e normális eloszlással.

A hipotézis vizsgálatához a Chi-tesztet alkalmaztuk (Soong, 2004). Amint az látható az eredményekből, a zaj szórása függ az intenzitás szinttől. Így a legalacsonyabb intenzitás szinten a szabadságfok túl alacsony ennél a mintánál ($k=4 \dots 6$). A hipotézis ezért elutasításra került ebben az osztályban. Azonban a zajmodellt mégis alkalmazhatóvá teszi az, ha a legnagyobb szórású zajjal számolunk minden intenzitástartományban, legfeljebb felülről becsüljük a zajt. A hipotézis elfogadását mutatja az 1. táblázat.

1. táblázat

**A zaj eloszlásának normalitására vonatkozó hipotézis igazolása
a három intenzitás tartományban.**

Intenzitás átlag (1)								
30			128			225		
Chi négyzet (2)	d	Normál eloszlás? (3)	Chi négyzet	d	Normál eloszlás?	Chi négyzet	d	Normál eloszlás?
7,378	5,247	IGEN (5)	16,013	9,600	IGEN	11,143	8,328	IGEN
9,348	15,450	NEM (6)	17,535	21,157	NEM	12,832	17,460	NEM
11,143	17,368	NEM	16,013	12,988	IGEN	12,832	6,121	IGEN
9,348	4,914	IGEN	12,832	8,987	IGEN	12,832	14,685	NEM
7,378	12,370	NEM	14,449	8,750	IGEN	12,832	8,406	IGEN
9,348	8,888	IGEN	16,013	10,531	IGEN	11,143	2,777	IGEN
9,348	9,591	NEM	16,013	5,873	IGEN	14,449	16,830	NEM
7,378	6,364	IGEN	16,013	15,012	IGEN	14,449	1,799	IGEN
5,024	5,428	NEM	16,013	6,677	IGEN	12,832	6,170	IGEN
9,348	9,264	IGEN	14,449	15,905	NEM	14,449	8,803	IGEN

Table 1. The validity of the hypothesis for the normality of the distribution of the noise in the three intensity domain on the basis of Soong (2004).

Intensity average(1), Chi square(2), Normal distribution(3) TRUE(4) FALSE(5)

Az eloszlás koordinátáktól való függetlenségének vizsgálata úgy történt, hogy a képeken öt régiót definiáltunk: középső, bal-felső, jobb-felső, bal-alsó, jobb-alsó (CE, TL, TR, BL, BR). A teljes kép méretének arányában a régiók középpontja a következő volt:

- CE régió: x=50%, y=50%
- TL régió: x=15%, y=15%
- TR régió: x=85%, y=15%
- BL régió: x=15%, y=85%
- BR régió: x=85%, y=85%

A régiók mérete 100×100 pixel. Az egyes régiók várható értéke és szórása került vizsgálatra a három intenzitás tartományban, amit a 2. táblázat mutat be. A mérési eredmények igazolják, hogy a zaj paraméterei nagymértékben hasonlóak az egyes tartományokban.

A pixel intenzitások eloszlásának vizsgálata az egyes intenzitás tartományokban azt mutatta, hogy a zaj szórása az intenzitás növekedésével növekszik, azaz a zaj nem független a bázis intenzitástól. Ezen a ponton a mérések nem az elvileg felállított zajmodellt támasztják alá. Azonban a célunknak megfelelő az, ha a legnagyobb intenzitáshoz tartozó maximális szórást vesszük figyelembe, mert ez felülről becslést jelent a vonalkövetés pontosságában (hiszen alacsonyabb intenzitásokon ennél kisebb zaj torzítja a vonal képét).

A pixelek egymástól való függetlenségének vizsgálata is mintákon alapul, hiszen minden pixel-pár nem vizsgálható. A következő mintasort generáltuk:

Az első pixel koordinátái x1=y1=100-tól 1000-ig futottak 100-as lépésenként, míg a második pixel koordinátái x2=y2=101-től 1091-ig 110-es lépésenként. Így információt

nyerünk szomszédos és távolabbi pixelekről is. A kovarianciát vizsgáltuk a három intenzitás osztályban (*Korn and Korn*, 1979). Az eredmény azt mutatta, hogy a pixel intenzitások a várakozásnak megfelelően gyakorlatilag függetlenek (3. táblázat)(*Kovács*, 2006).

2. táblázat

A zaj várható értéke és szórása a teljes képre illetve a vizsgált területekre.

Intenzitás átlag (1)	30	Átlag (2)	TL(4) átlag	TR(5) átlag	BL(6) átlag	BR(7) átlag	CE(8) átlag
		28,66173	28,68235	28,68235	28,68235	28,68236	28,68235
		Szórás (3)	TL szórás	TR szórás	BL szórás	BR szórás	CE szórás
		0,93711	0,94636	0,94935	0,99803	0,82314	0,92024
	128		0,99%	1,31%	6,50%	12,16%	1,80%
		Átlag	TL átlag	TR átlag	BL átlag	BR átlag	CE átlag
		127,30959	127,31580	127,31582	127,31581	127,31582	127,31578
		Szórás	TL szórás	TR szórás	BL szórás	BR szórás	CE szórás
		2,74062	2,73297	2,67178	2,77134	2,71241	2,77788
	225		0,28%	2,51%	1,12%	1,03%	1,36%
		Átlag	TL átlag	TR átlag	BL átlag	BR átlag	CE átlag
		224,13150	224,13273	224,13278	224,13276	224,13279	224,13280
		Szórás	TL szórás	TR szórás	BL szórás	BR szórás	CE szórás
		3,27434	3,19863	3,16789	3,28818	3,28582	3,32143
			2,31%	3,25%	0,42%	0,35%	1,44%

Table 2. Mean and variance in the full image and in regions, based on three intensity classes.

Intensity average(1), Mean(2), Variance(3), Top-Left region(4) Top-Right region(5), Bottom-Left region(6) Bottom -Right region(7), Center region(8),

3. táblázat

10 pixelpár függetlenségének vizsgálata. A három adatsor a 10-10 mért kovariancia értéket mutatja a három intenzitás tartományban.

Intenzitás átlag (1)		
30	128	225
0,2767	0,2322	0,3004
-0,0515	-0,0521	-0,0871
0,1309	0,0483	0,0842
0,0404	-0,0799	-0,0551
-0,1044	0,0403	0,0292
0,0096	-0,027	0,0869
-0,0234	0,0093	0,0824
0,0522	0,1214	0,082
0,049	0,0452	-0,1223
-0,0939	-0,0033	-0,1683

Table 3. Covariances of 10 sample pixel pairs in the three intensity classes. Three data series includes 10-10 measured covariances in the three intensity domain.

Intensity average(1)

KÖVETKEZTETÉSEK

Az ismertetett vizsgálatokból kiderült, hogy a zajmodell az alkalmazott kamera esetében megállja a helyét az intenzitásfüggetlenség elemzésénél javasolt módosítással. Így a szkennel szoftver becslést tud adni az aktuális zaj méréséből a modell statisztikailag várható pontosságára.

IRODALOM

- T. Kovács (2001). Accuracy Prediction in a 3D Active Triangulation Scanner. Machine Graphics & Vision, (International Journal of the Institute of Computer Science, Polish Academy of Sciences) 10. 1. 75-87.
- T. Kovács, B. Takarics (2006): Confirmation of a Probability-based Accuracy Prediction Method for Line Extraction. CONTI'2006, The 7th International Conference on Technical Informatics, 8-9. Jun. 2006, Timisoara, Romania
- J.E. Harry (1979): Ipari lézerek és alkalmazásuk. Műszaki Könyvkiadó : Budapest
- T.T. Soong (2004): Fundamentals of Probability and Statistics for Engineers. John Wiley & Sons Ltd.
- Y. Shirai (1987): Three-Dimensional Computer Vision, Springer Verlag,
- G.A. Korn, T.M. Korn (1975): Matematikai kézikönyv műszakiaknak. Műszaki Könyvkiadó : Budapest

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Kovács Tibor

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszék
1111 Budapest, Goldmann György tér 3.

*Budapest University of Technology and Economics
Department of Automation and Applied Informatics
H-1111 Budapest, Goldmann György square 3.*

Tel.: +36-20-939-2627

e-mail: kovacs.tibor@aut.bme.hu



Egy egyenáramú hajtás animációja, szimulációja és Internet alapú mérése a távoktatásban

Széll K., Sziebig G.

BME Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszék

ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmány egy DC szervórendszer távoktatásához kialakított komplett (animáció, szimuláció és internet alapú mérés) multimédiás oktatóprogramot mutat be. Az animációs program bemutatja a DC-motor működésének alapjait, levezeti a nyomatéksebesség karakterisztikát és elmagyarázza a szabályozástervezés alapvető lépéseit. Az animációs program tartalmaz diákat mind a osztálytermi, mind az önálló tanulás számára. Ennek segítségével a hallgatók szimulálni tudják egy adott szervórendszer szabályozását. Az utolsó és egyben legfontosabb lépés bármely műszaki oktatás esetében a mérés. A távoktatás szempontjából ez a legnagyobb kihívás. A hallgatók egy weboldalon keresztül érhetik el a kísérleti összeállítást. Az adminisztrációt egy C# nyelven írt program végzi. A kísérleti összeállításban egy négysíknegyedes üzemi DC szervómotor található. A vezérlés interneten keresztül kapcsolható ki és be. A hallgatóknak lehetőségük van egy egyszerű PI-szabályozás vagy csúszómód-szabályozás megírására, melyet egy kommunikációs keretprogramba illesztünk be, hogy utána azzal működtethessük a motort. A mérési eredményt olyan formában kapjuk meg, hogy az kompatibilis legyen a szimulációs eredményekkel, így a hallgatók összehasonlíthassák a szimulációs és mérési eredményeket.

(Kulcsszavak: villamosmérnök távoktatás, e-oktatás, csúszómódszabályozás)

ABSTRACT

Animation, Simulation and Internet Based Measurement of a DC Servo System in Distant Learning

Széll K., Sziebig G.

BME Department of Automation and Applied Informatics

The paper presents a complete (animation, simulation and internet based measurement) multimedia educational program of DC servo system for distant learning. The animation program describes the basic operation of a DC motor, derives the torque-speed characteristics and explains the basic steps of control design. The animation program includes screens for teaching in class and for individual study as well. With the guidance of this animation program the students can simulate the control of a given servo system. The final and most important step in any kind of education in the field engineering is the measurement. This is the most challenging step in distant learning. The students should enter to a web page to access the experimental set up. The administration, queuing arranged by a C# based program. The experimental set up includes a DC servo motor with 4 quadrant drive. The drive can be switch on and off via internet. The students can write a simple PI or sliding mode controller program which is

inserted into the communication frame program to operate the servo motor. The measurement result is generated in such form which is compatible to the simulation results the students can compare their simulation and measurement results.

(Keywords: Terms:Electrical engineering education, distant learning, e-learning, sliding mode control)

BEVEZETÉS

A DC motoroknak különleges történelmi szerepük van az ipari elektronika világában. Minden ipari szervóhajtás esetén DC motorokat használtak az elmúlt évtizedekben, valamint az első mikroprocesszor által vezérelt hajtásnál (*Saito et al.*, 1988) is DC motort alkalmaztak. Még ha van is néhány hátrányos tulajdonságuk, a mai berendezéseknél is alkalmazzák. A DC szervómotor legfőbb előnye, hogy szabályozás szempontjából nagyon egyszerű szerkezet. A mikrokontrollerek megjelenése előtt ez volt az egyetlen megoldás a szervórendszerek területén. Ennek köszönhető az is, hogy az újonnan megjelenő szabályozási eljárásokat először DC szervórendszereken alkalmazzák. Ugyanakkor a mai trend szerint már minden típusú szervóhajtást szabályozni szeretnénk (mezőorientált indukciós motorok és kefe nélküli hajtások) a DC szervóhajtásokhoz hasonlóan.

Az ipari megoldásokban továbbra is a PID szabályozási módszer a legelterjedtebb. A másik népszerű megoldás a csúszómód-szabályozás, melyet az 1970-es évek végén mutattak be (*Utkin et al.*, 1978), és a nagyteljesítményű mozgásszabályozásoknál alkalmazzák. A mai alkalmazásoknál a csúszómód-szabályozást különféle lágyszámítási módszerrel kombinálják.

A következőkben bemutatott kutatási eredmények a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszékének eredményei két Európai Unió projekt keretében, mely kutatást jelenleg ezen tanulmány szerzői folytatnak.

DC SZERVÓMOTOR ÉS HAJTÁS ANIMÁCIÓJA

Az animáció struktúrája és koncepciója

A hagyományos módszereket alkalmazva igazán nehéz a szervórendszerek bonyolult működésének és szabályozásának oktatása. Az álló képek melyeket a könyvekben, vagy a számítógépes powerpoint file-okban találhatunk nem alkalmasak önálló tanulásra. Ugyanakkor a modern multimédia lehetőségeit jól lehet alkalmazni ezen a területen is. A technika adta lehetőségeket kihasználva egy adott rendszer topológiája és tranzien্স folyamatok jól bemutathatóvá válnak animált ábrákon, mely az értelmezést is könnyebbé teszi. Az animált prezentációk előnyei nyilvánvalóak mind az egyszerűbb, mind a komplex rendszerek tanulmányozásának esetében. Az Európai Unió Leonardo da Vinci programjának keretében az INETELE című projekt nyolc egyetemmel közreműködve célozta meg multimédiás software-ek fejlesztését a villamosmérnöki oktatás területén (*Hamar et al.*, 2005, *Bartal et al.*, 2005., *Fedak et al.*, 2003, *Bauer et al.*, 2004., *Davat et al.*). Ezen tanulmány a programnak mindösszesen egy töredékével foglalkozik, melyet a Budapesti Műszaki Egyetem csapata fejlesztett.

Alapjában véve két típusú dia létezik: elsődleges diák és magyarázó diák. Az elsődleges diák az osztálytermi oktatást szolgálják, ahol ki lehet őket vetíteni. Ezen tanulmányban csak elsődleges diák található. Ezek nagy betűket, ábrákat, táblázatokat használunk. Az információk korlátozottak, azokat az oktató adja elő. A

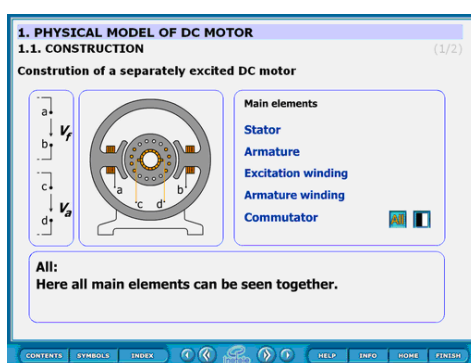
magyarázó diák ezzel szemben több szöveget tartalmaznak az otthoni önálló tanulás elősegítése érdekében. Itt kisebbek a betűk, az ábrák és a táblázatok, és a lényeges információk is megtalálhatók, lehetővé téve ezzel az távoktatást, melyben az oktató nem nyújt segítséget. Az animált diák kinézete ugyanolyan (lásd az ábrákon). Minden dia alján egy menü található.

Az animáció tartalma

1. *Physical modell of DC motor*: bemutatja a DC motor fizikai modelljét felépítésével és helyettesítő kapcsolásával (1. ábra). Ez a dia két alfejezetből áll. Mindkettő animált.
2. *Time-domain equations*: ez a rész a DC motor helyettesítő kapcsolására, valamint az időtartománybeli egyenletekre összpontosít (2. ábra). Az animáció 9 azonos jellegű ábrát tartalmaz.

1. ábra

DC motor felépítése



2. ábra

Időtartománybeli egyenletek

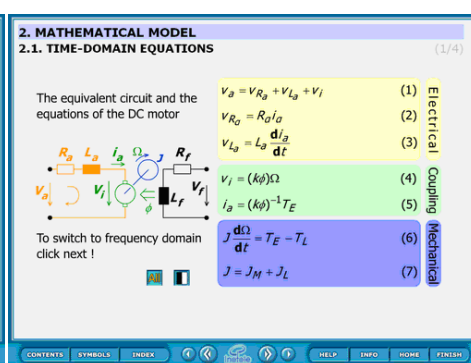


Figure 1: Construction of a DC motor

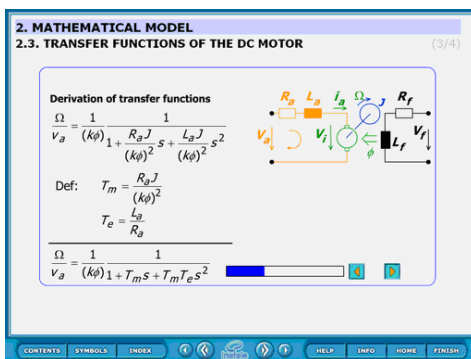
Figure 2: Time-domain equations

3. *Transfer functions of a DC motor*: ez a dia a DC motor átviteli függvényének levezetését magyarázza el részletesen lépésről lépésre (3. ábra). Az animáció 13 önálló (és a „beúszó egyenletek” megjelenítésére 132 köztes) ábrát tartalmaz. Ez az animáció egy egyedi módszert alkalmaz a magyarázathoz. Az első oldalon a kiindulási egyenleteket találhatjuk meg. Ezután további kiindulási egyenletek jelennek meg, majd továbbúsznak az ezek alapján megkapott újabb egyenletekbe. Ez a rendszer addig ismétli az egyenletek átalakítását, míg lépésről lépésre el nem jutunk a kívánt eredményhez. A két PLAY gomb (jobbra és balra) használatával az animációval haladhatunk előre és hátra is. Az irányok különböznek abban, hogy a visszafelé haladás esetén nincs animáció. Az ábra melletti csúszka mutatja, hogy a levezetés mely fázisánál tartunk. Ilyen módon a hallgató tudja követni, hogy hol tart, valamint az oktató is tudja változtatni az előadás sebességét a csúszka visszajelzésének megfelelően.

4. *Block diagram of a DC motor:* az átviteli függvény blokk diagramját mutatja be (4. ábra). Az animáció 4 önálló (és 127 köztes) ábrát tartalmaz, melyek lépésről lépésre követik egymást. Az előzőhöz hasonlóan itt is találhatunk egy csúszkát az ábra mellett, mely megmutatja, hol tart a levezetés.

3. ábra

Átviteli függvény



4. ábra

Blokk diagram

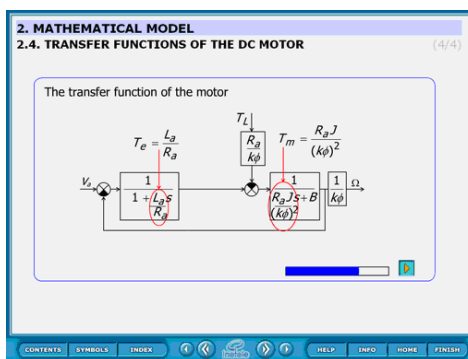


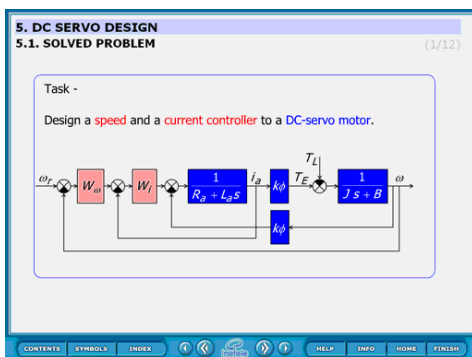
Figure 3: Transfer function

Figure 4: Block diagram

5. *Static characteristic, working point:* a statikus nyomaték-sebesség jelleggörbét és a munkapontot vezeti le. Az animáció 6 önálló (és 42 köztes) ábrát tartalmaz. A köztes ábrák teszik lehetővé, hogy az egyes egyenletek átcsúszhassanak új helyre vagy egy másik egyenletbe. Ezt a „beúszó egyenlet” technikát sok helyen alkalmazzuk az animációk során. Jelen ábrán négy paramétert lehet változtatni. Ez egy olyan típusú ábra, ahol a karakterisztikát az aktuális értékeknek megfelelően azonnal számítja ki a program.
6. *Classical PID controller:* a PID szabályozást mutatja be egy feladaton keresztül (5. ábra). A különböző színek segítik a hallgatót abban, hogy megkülönböztethesse a motorra vonatkozó részt a két szabályzási körtől. A szabályozási kör megtervezésének lépései részletesen el vannak magyarázva. Itt mindössze két dia látható. A 6. ábrán látható dia mutatja be a fázistartalék fogalmát. Az animáció bemutatja, hogyan lehet A_p -t meghatározni, hogyha 30-60 fok közötti fázistartalékot szeretnénk kapni a stabil és egyenletes működés érdekében. Hét önálló ábrából áll. A hallgató A_p értékét 0,5 és 3,5 között változtathatja, és megvizsgálhatja a különböző erősítések hatását. Az animáció az előzetes szimulációk eredményeit használja fel. A_p 7 lépésben változtatható az adott intervallumon belül (0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5), így a flash file megfelelően kicsi, de a diák száma már elegendő a különbség megvizsgálására.

5. ábra

Szabályozási hurkok



6. ábra

Fázistartalék számítása

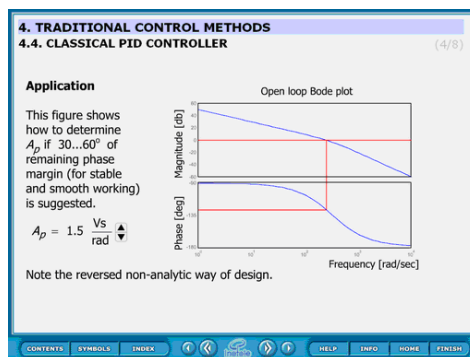


Figure 5: Control loops

Figure 6: Calculation of phase margin

7. *Sliding Mode Control*: ez a dia a csúszómód-szabályozást mutatja. A szabályozási körben található egy DC motor, az aktuátor, egy DC-DC konverter és a szabályozási módszer pedig bang-bang típusú. Tehát a DC motort egy kétállású relével szabályozzuk, amivel gyorsítani és lassítani lehet a motort. A hiba egyszerűsített egyenleteinek levezetése után egy másodfokú differenciális egyenletet kapunk nulla csillapítással, így a hibatrajektória egy körön mozog. Ennek középpontja attól függően változik, hogy a DC-DC chopper kapcsolója milyen állásban van. Feltéve, hogy a rendszer nyugalmi állapotból indul és a referenciajel ω_r konstans és az üresjárat sebesség ω_{nl} fele, akkor $\omega_e = \omega_r$ és $\dot{\omega}_e = 0$ $t = 0$ időpillanatban. Meghatározva a kapcsolási vonalat $\omega_e + \lambda \dot{\omega}_e = \sigma = 0$ szerint, a DC-DC chopper bekapcsol, ha a rendszer trajektóriája a kapcsolási vonal felett van ($\sigma > 0$), ami annyit jelent, hogy a trajektória egy olyan körön halad, melynek középpontja $\omega_e = \omega_r - \omega_{nl}$, $\dot{\omega}_e = 0$ és DC-DC chopper kikapcsol, ha a rendszer trajektóriája a kapcsolási vonal alatt van ($\sigma < 0$), ami annyit jelent, hogy a trajektória egy olyan körön halad, melynek középpontja $\omega_e = \omega_r$, $\dot{\omega}_e = 0$. Amikor a hibatrajektória átlépi a kapcsolási vonalat, akkor az mindig egy kapcsolást jelent. Mivel a hibatrajektóriának folytonosnak kell lennie, ezért ugyanabból a pontból fog folytatódni, ahol a kapcsolás megtörtént és egy olyan körön fog haladni, melynek egy újabb középpontja van. Érdekes jelenség tapasztalható a második kapcsolás után, amikor a hibatrajektória a kapcsolási vonal fölé megy. Egy kis késleltetést láthatunk az animált ábrán. Ha ezt a késleltetést eltüntetnénk, akkor a hibatrajektória azonnal visszatérne a kapcsolási vonal alá, mely egy újabb kapcsolást eredményezne. Ez a jelenség megismételné magát az ellenkező irányba, és végül a hibatrajektória a kapcsolási vonalon maradna, míg a kapcsolás frekvenciája végtelen nagy lenne. Ezt nevezzük csúszómódnak. nimációval könnyen bemutatható a csúszómód robusztussága. Ha a DC-DC chopper egyenfeszültsége egy kicsit változik, akkor a trajektória középpontja is változik egy kicsit. Ha az armatúra ellenállását nem hagyjuk figyelmen kívül, akkor a hibatrajektória egy csökkenő sugarú spirálon mozog.

Ha ezek a módosítások bizonyos korlátok között történnek, akkor nincsenek hatással a csúszómódra, azaz a hibatrajektória mindig azonnal visszatér a kapcsolási vonal azon oldalára, amelyen a legutóbbi kapcsolat előtt volt.

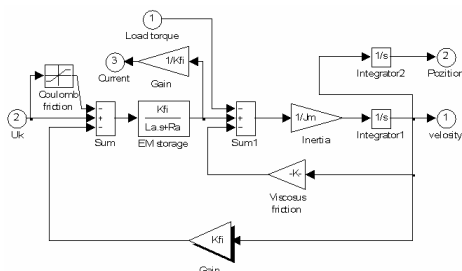
SZIMULÁCIÓ

Az első lépés a teóriától az alkalmazásig a szimuláció. A hallgatók ehhez Matlab-Simulink software-t használnak. A DC motor és hajtás szimulációs modellje a 7. ábrán látható. A hallgatók a szimuláció segítségével megvizsgálhatják a nyomaték-sebesség karakterisztikát, a kaszkád sebességszabályozó teljesítményét (túllendülés, beállási idő, oszcilláció, robosztusság) különféle paraméterek és fázistartalékok esetén.

Egy jól működő szabályozás kialakítása érdekében érdekes lehet magának a motornak az identifikációja is. Ezzel lehetővé válna újabb szabályozási módszerek tesztelése már a szimuláció szintjén. Az identifikáció megkönnyítése és meggyorsítása érdekében egy felhasználóbarát környezetet alakítottunk ki (8. ábra), mely a mérési és szimulációs adatokat jeleníti meg együtt, hogy azok összehasonlíthatóvá váljanak. A szimulációs modell paraméterei módosíthatók, valamint maga a szimuláció is azonnal futtatható. A program az így nyert adatok szerint azonnal frissíti a diagramot, így téve lehetővé, hogy a mérési eredményt egyre jobban megközelíthessük. Ilyen módon az egyenáramú hajtás identifikációja sokkal pontosabbá, egyszerűbbé és gyorsabbá válhat.

7. ábra

DC motor modellje



8. ábra

Motor identifikációja

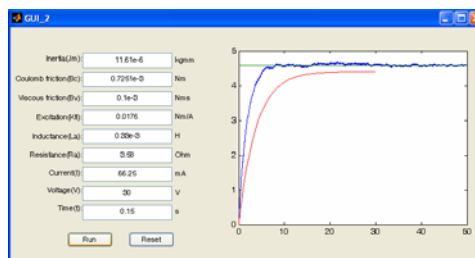


Figure 7: Model of the DC motor

Figure 8: Identification of the DC motor

Gazdaságos távirányított tápegység

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszékén egy Európai Unió által támogatott Leonardo da Vinci program keretében jelenleg is folyik egy kutatás, melyben 14 európai egyetem vesz részt, illetve néhány vállalkozás is. Témája az internet alapú hallgatói mérések kialakítása. Célja, hogy a meglévő erőforrásokat szélesebb körben lehessen igénybe venni. Ezzel a megoldással lehetővé válhat, hogy a tanulók bárholonnan bármikor elérjék az adott mérési összeállítást, amennyiben rendelkeznek megfelelő internetes hozzáféréssel. Ehhez kellett a megfelelő összeállítást kialakítanunk.

Már megszokott dolog, hogy a személyi számítógépek napi 24 órában be vannak kapcsolva. Ám egy kísérleti elektromos eszköz biztonsági okokból nem lehet áram alatt

egész nap. Így merült fel ötletként, hogy a PC-t lehetne használni távolról irányítható kapcsolóként. A gépeknél megszokott, hogy távolról irányítva is be tudják magukat kapcsolni (Wake On LAN). Ezt a funkciót a tápegység teszi lehetővé, mely még kikapcsolt állapotban is ad egy bizonyos készenléti feszültséget (+5V, max. 0.5 mA). Egy átlagos tápegység még egy kísérleti szervómotornak és a szabályozójának is tud megfelelő feszültséget biztosítani.

Mivel a hálózati kártya be tudja kapcsolni a tápegységet, ezért lehetőség van arra, hogy távolról kapcsoljuk be egy feszültségjel segítségével. A tápegységkapcsoló PC-rendszer felépítése a 10. ábrán látható. A PC-ben található egy PCI-1720-as D/A-kártya. A PC a tápegység ki- és bekapcsolásával ad áramot a DC szervómotorra. Magát a PC-t is lehet ki- és bekapcsolni távolról. A tápegységet a kivezetésein keresztül irányítjuk. A 20 tűs Molex tápegység 14. tűjével (PS_ON) lehet ezt szabályozni. Ez akkor ad áramot a tápegységre, ha földpotenciálra tartjuk. A PCI-1720-as D/A kimeneti kártya 3. csatornáját használjuk a tápegység kapcsolására. A feszültséget 2V-on tartva bekapcsoljuk, 0V-on tartva pedig kikapcsoljuk. A készenléti feszültséget arra használjuk, hogy a tápegységet kikapcsolt állapotban tartsuk, de mivel a 14. tű földpotenciálra kapcsol ki, ezért szükséges egy áramkör, mely megfordítja a feszültségjelet. A tápegységnek nincs szüksége karbantartásra, igen hosszú ideig nem hibásodik meg (több, mint 100000 óráig, ami több, mint 1,5 évet jelent). Még ha meg is hibásodik, akkor is könnyen ki lehet cserélni. Mindemellett minden mai tápegységnek van védelme rövidzárlat, áramcsúcs, alacsony feszültség, illetve magas hőmérséklet ellen. Sőt, egy átlagos tápegység ára a kísérleti eszközhöz képest elhanyagolható.

9. ábra

Mérési összeállítás



Figure 9: Experimental set up

10. ábra

Mérési összeállítás felépítése

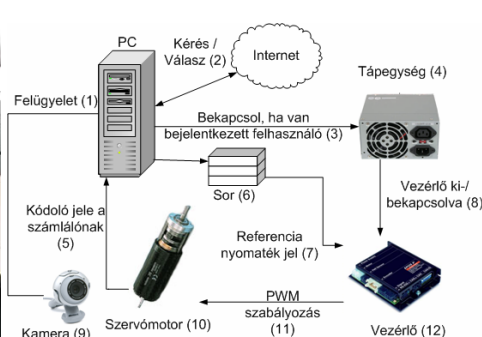


Figure 10: Architecture of the experimental set up

Surveillance(1), Request/Response(2), Turn on when there are logged in users(3), Power supply unit(4), Encoder signal to counter(5), Queue(6), Torque reference signal(7), Drive power ON/OFF(8), Camera(9), Servo motor(10), PWM power(11), Drive(12)

Távlaboratórium távoli asztal elérésével

A távoli asztal elérése (Remote Desktop Connection - RDC) biztonságos, és minden egyes Windows alapú PC beépített funkciója. Egy átlagos laboratóriumi gyakorlaton 20-30 hallgatónál foglalkoznak. A hallgatók távoli eléréssel kapcsolódnak a szerverhez. Ezzel a rendszerrel a hallgatók egyenlő eséllyel rendelkeznek a szakiránytól függetlenül. Nem minden szakirányon tanítanak ugyanis C++ nyelvet. Ezt a problémát úgy hidaljuk át, hogy egy keretprogramban található egy interfész, melyben minden paraméter állítható. A hallgató feladata, hogy előzetes tanulmányai alapján írjon egy szabályozót a DC motorhoz. A pontos mérésekhez, pontos mintavételezés szükséges. Egy átlagos Windows nem tudja biztosítani a pontos időzítést, sőt még azt sem, hogy egyáltalán elküldi az adott jelet. Ám létezik a Windows-nak egy olyan bővítménye, mely ezt a problémát megoldja.

A valósidejű ütemezés mindig is nehéz volt Windows környezetben. Emiatt sok projekt esetében választottak Linuxot Windows helyett. Az Ardence a probléma megoldását az alapoknál kezdte. Egy teljesen különálló program adja az alapot a rendszer működéséhez. Még a „kékhalál” jelensége is elkerülhető a valósidejű alkalmazások teljesítményének romlása nélkül. Az „Ardence Real-time Extension for Control of Windows” használatával lehetőségünk van 100 mikroszekundumos intervallumok használatára maximálisan 0,001 nanoszekundumos hibával. Mindez egy C++ fordítóba is integrálható, így nem szükséges az adott program módosítása a valósidejű környezetnek megfelelően. Így sokkal felhasználóbarátabb valósidejű programozás érhető el. Ezen bővítmény már számtalan ipari alkalmazásban bizonyította hasznosságát.

A keretprogram elválasztja egymástól a DC szervóprogram szabályozó és kommunikációs részét. Ez teszi lehetővé, hogy bármely hallgató megírhasssa saját szabályozóját. Mindösszesen egy header file-t kell írni, mely magában foglalja a szabályozási függvényt. A header file már magában foglalja a bemeneti és a számításokhoz szükséges paramétereket. A mintavételezési adatok a következő függvény paraméterein keresztül érhetők el:

NewControllerData CalculateController(const double CurrentPosition, const double OldPosition, const double OldOmega, const double CurrentTime, const double OldTime)

Ahol a változók:

- Current Position: pozíció
- OldPosition: előző pozíció
- OldOmega: előző szögsebesség
- CurrentTime: mintavételezési idő
- OldTime: előző mintavételezési idő

A fent említett függvény visszatérő értékének struktúrája:

typedef struct {double CurrentPosition; double CurrentOmega; double NewTorque;} NewControllerData;

Ahol a változók:

- Current Position: pozíció
- CurrentOmega: új szögsebesség
- NewTorque: nyomaték referenciajele

Hibaellenőrzést követően a DC szervóprogram lefordítja és futatja a mérést. A mérési eredményeket a változóknak megfelelően külön file-okba menti el a program könyvtárba. Ezeket a file-okat ezt követően meg lehet nyitni Matlabbal vagy bármely más szimulációs programmal. A keretprogram C++ nyelven készült, melyhez Microsoft Visual Studio 2005 software-t használtunk. A PI szabályozáshoz a következő mintaprogramot alkalmaztuk:

```
NewControllerData ResultData;
ResultData.CurrentPosition = CurrentPosition;
ResultData.CurrentOmega = (double)(1000*(CurrentPosition-
    OldPosition)/(CurrentTime - OldTime));
OmegaInt += ResultData.CurrentOmega * (CurrentTime - OldTime)
ResultData.NewTorque = P * ResultData.CurrentOmega + I * OmegaInt
return ResultData;
```

Mivel a kommunikációs keretprogram adott, ezért a hallgatóknak csak a fenti sorokat kell beírniuk, valamint a P és I értékeket megadniuk, hogy a programot futtathassák. Ezután az egyszerű példaprogram után bonyolultabb csúszómód szabályozók programozására is lehetőség van.

INTERNET ALAPÚ TÁVMÉRÉS

A távmérés mostanra weben keresztül elérhető. Ez csökkenti a hálózati terhelést, mely a távoli asztal elérése esetén meglehetősen nagy volt. Csak a szabályozási paramétereket kapja meg a szerver a klienstől. A szabályozó bekerül a keretprogramba, ami futatja a mérést a paramétereknek megfelelően. Ezt követően a mérési adatok letölthetők a weboldáról (11. ábra). Az utasítások és segédletek is elérhetők on-line. A mérési eredmények az igényeknek megfelelően többféle formátumban is letölthetők. A mérés elvégzésére prioritási rendszert iktattunk be. A már meglévő e-oktatási rendszerekbe könnyen integrálható a moduláris szerkezetnek köszönhetően.

11. ábra

Távlaboratórium honlapja

Your task is to create a PI controller!

The following parameters are available for your controller:

- CurrentPosition: Position
- OldPosition: Previous position
- OldOmega: Previous velocity
- CurrentTime: Time of sample
- OldTime: Previous sample time

Hint:

Block diagram showing a control system with blocks for W_{ϕ} , W_i , $\frac{1}{R_s + L_s s}$, I_s , $k\phi$, T_i , and $\frac{1}{Js}$.

```
NewControllerData ResultData;
//Setting current position
ResultData.CurrentPosition = CurrentPosition;
// Calculate velocity
ResultData.CurrentOmega = (double)(1000*(CurrentPosition - OldPosition)/(CurrentTime - OldTime));
// Controller part begin
OmegaInt += ResultData.CurrentOmega * (CurrentTime - OldTime);
ResultData.NewTorque = P * ResultData.CurrentOmega + I * OmegaInt;
// Controller part end
return ResultData;
```

You can declare new variables, but you can not use them as a return value. Only the ResultData structure can be used!

[Run measurement and get results >>](#)

Waiting measurements in system: 3
This means, that your measurement will only be processed after these
If you encountered an error contact the laboratory chief
V2, building 433.
Phone: (+36 1) 463-2870
Fax: (+36 1) 463-2871

Copyright © 2007. Budapest University of Technology and Economics - Department of Automation and Applied Informatics

[Mail to webmaster](#)

Figure 11: Website of remote laboratory

KÖVETKEZTETÉSEK

Egy komplett távoktatási programot mutattunk be az animációtól kezdődően a internet alapú mérésig. A különálló kommunikációs és szabályozó programnak köszönhetően még azon diákok is elvégezhetik ezt az egyszerű mérést, akik nem jártasak a programozásban. Mivel egy hallgató számára csak pár másodpercet vesz igénybe a mérés, ezért számos hallgató képes tulajdonképpen egy időben méréseket végezni ugyanazon a motoron. Ehhez hasonló oktatói programok fejlesztéséhez egészen új hozzáállás szükséges, melynek néhány elemét bemutatta ezen tanulmány. Az animációs program a <http://152.66.22.161/animation/> oldalról letölthető.

IRODALOM

- Bartal P., Hamar J., Jordan R.K., Korondi P., Nagy I., Sepa Z., Suto Z., Zaban K., Funato, H., Masada, E., Ogasawara, S.(2005). Learning multimedia software for teaching nonlinear dynamics. Proc. Control in Power Electronics and Motion Control (IPEC'05), Niigata, Japan, Apr. 2005
- Bauer P. (2004). E-learning for better understanding of power quality problems and compensators. Proc. 11th International Power Electronics and Motion Control Conference (EPE-PEMC'04), Riga, Latvia, Sept. 2004
- Davat B., Bauer P., Duijsen P.V. (2004). Teaching of power electronics: From graphic representation to animation. Proc. 11th International Power Electronics and Motion Control Conference (EPE-PEMC'04), Riga, Latvia, Sept. 2004
- Fedak V., Bauer P., Hajek V., Weiss H., Davat B., Manias S., Nagy I., Korondi P., Miksiewicz R., Duijsen P., Smektal P. (2003). Interactive e-learning in electrical engineering. Proc. EDPE'03, High-Tatras, Slovakia, Sept. 2003, 368–373.
- Hamar J., Jordan R. K., Korondi P., Nagy I., Sepa Z., Suto Z., Zaban K., Weiss H. (2005). Teaching and learning nonlinear dynamics by multimedia. Proc. Electrimacs 2005, Hammamet, Tunisia, Apr. 2005.
- Saito, K., Kamiyama, K., Ohmae, T., Matsuda, T. (1988). A microprocessorcontrolled speed regulator with instantaneous speed estimation for motor drives. IEEE Trans. Ind. Electron., 35. 1. 95–99.
- Utkin, V., Young, K. (1978). Methods for constructing discontinuous planes in multidimensional variable structure systems. 31. 10. 1466–1470.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Szell Károly

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

1111 Budapest, Goldmann György tér 3. V. em.

Budapest University of Technology and Economics

H-1111 Budapest, Goldmann György tér 3. V. em.

Tel.: 36-1-336-3644

e-mail: szkaroly47@yahoo.com



Autoklávos hőkezelés szimulációja élelmiszeripari vállalatok energia költségének optimalizálására

Fabulya Z.

Szegedi Tudományegyetem, Mérnöki Kar, Ökonómiai és Vidékfejlesztési Intézet, 6725 Szeged, Mars tér 7.

ÖSSZEFOGLALÁS

A konzervek, elsősorban a húskonzervek minőségét meghatározó egyik alapvető tényező a hőkezelés, mely folyamat egyúttal energiaigény szempontjából a legjelentősebb egy vállalat számára. Egy hőkezelési ciklus három fázisra bontható: felfűtés, hőntartás, lehűtés. A szükséges hőmérséklet eléréséhez jellemzően gőzt használnak, míg a hűtés vízzel történik. Termékenként eltérő előírások vonatkoznak az elérendő hőmérsékletre és a hőntartás idejére, így a teljes hőkezelés időtartama termékfüggő. Több autokláv párhuzamos működtetése esetén a folyamat egyes fázisai egybeeshetnek, így nagy ingadozással jelentkezhet a gőz- és vízigény, mely erőforrások vagy korlátozottan állnak rendelkezésre vagy többletköltség révén. Ezért célszerű összehangolni az egyes autoklávok működését a gazdaságosság érdekében. A vezetői döntés előkészítő rendszer Microsoft Excel környezetű megvalósításához és modellezéséhez szükséges adatbázist alakítottunk ki, létrehoztunk egy felhasználóbarát kezelőfelületet és a Visual Basic for Application szolgáltatással elkészítettük az ütemezést, szimulációt biztosító szoftvert. (Kulcsszavak: autokláv, hőkezelés, folyamatmodellezés, szimuláció)

ABSTRACT

Simulation of autoclaving to optimize energy costs of food industry enterprises

Z. Fabulya

University of Szeged, Faculty of Engineering, Szeged, H-6725 Mars tér 7.

One of the factors determining the quality of the cans and primarily the meat cans is the heat treatment, the process which is the most significant regarding the energy demands of an enterprise. A heat treating cycle can be divided into three phases: heating up, holding, chilling. Steam is used typically to achieve the necessary temperature and water is used for chilling. There are different regulations on temperatures and time of heat holding for each product so the duration of the heat treatment depends on the product. When operating more autoclave simultaneously certain phases of the process can overlap thus the steam and water demand can develop with big fluctuation. The availability of these resources is limited or they are accessible by extra costs. Hence it is practical to coordinate the operation of the different autoclaves in the interest of thrift. We have developed a decision support system in Microsoft Excel environment and the database needed for the model. We have also created a user friendly interface and the Visual Basic for Application software providing the timing and simulation. (Keywords: autoclave, heat treatment, modelling, simulation.)

BEVEZETÉS

Magyarországon számos, tevékenységében konzervek hőkezelését is igénylő élelmiszeripari vállalat található, melyek az Európai Unióhoz való csatlakozással a jelenleginél is erősebb piaci versenynek lesznek, lettek kitéve. E vállalatok számára döntő fontosságú a megfelelő minőségű termékek előállítása úgy, hogy mindeközben költségeiket is optimalizálják. A konzervek, elsősorban a húskonzervek minőségét meghatározó egyik alapvető tényező a hőkezelés, mely folyamat egyúttal energiaigény szempontjából a legjelentősebb egy vállalat számára, így gazdaságossági szempontból nem elhanyagolható.

Szakaszos üzemű hőkezelést megvalósító, autokláv csoportot használó vállalatoknál nagy ingadozással jelentkezhetnek energia igények, ami növeli a költséget és rontja a termék minőségét. Ezért szükséges a párhuzamosan zajló folyamatok összehangolása, ütemezése.

Célunk egy vezetői döntés előkészítő rendszer fejlesztése Microsoft Excel környezetben. Ehhez ki kell alakítani a modellezéshez szükséges adatbázist, létrehozni egy felhasználóbarát kezelőfelületet és a Visual Basic for Application szolgáltatással el kell készíteni az ütemezést, szimulációt biztosító szoftvert.

A hőkezelési folyamat matematikai és számítógépes modellezésével kapcsolatban megjelent publikációkban (*Almonacid-Merino et al.*, 1993; *Bhowmik et al.*, 1985; *Eszes et al.*, 1998, 2003; *Ramaswamy et al.*, 1982; *Welt et al.*, 1997) egy autoklávra és nem autokláv csoportra vonatkozóan foglalkoztak elsősorban csak a fűtési fázis energia igényének csökkentésével, míg a hűtési fázis vízfelhasználásának problémája háttérbe szorult. Szimulációs technikánk autokláv csoport esetén e két hőkezelési fázis erőforrás igényét egyszerre dolgozza fel a költség és a minőség optimalizálása érdekében.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Energetikai modellezés

A modellezéshez rendelkezniünk kell a két szembenálló oldal, az igény és a kapacitás leírásához szükséges adatokkal. Először energiaigény szempontjából vizsgáljuk meg rendszerünket.

A hőkezelés energiaigényének adatai

Egy hőkezelési ciklus három fázisra bontható: felfűtés, hőntartás, lehűtés. A szükséges hőmérséklet eléréséhez jellemzően gőzt használnak, míg a hűtés vízzel történik. Az *1. ábrán* az idő függvényében látható egy termék hőkezelése során fellépő gőz- és vízigény pillanatnyi alakulása, mely ábra egy termék típus hőkezelései során mért adatok átlaga alapján adódott értékeken alapul.

A fűtési és hűtési fázisok elején jelentkezik maximális intenzitással az erőforrások igénye, míg hőntartáskor a gőzfogyasztás mértéke gyakorlatilag nulla, hiszen ekkor csak a hővesztéseket kell fedezni.

Termékenként eltérő előírások vonatkoznak az elérendő hőmérsékletre, a hőntartás idejére, a konzervek eltérő méretűek és geometriájúak, így a teljes hőkezelés időtartama termékfüggő. Mindezek ellenére az erőforrásigény időbeli alakulásának jellege nem csak a különböző termékek esetében egyezik meg, hanem a gőz- és vízfelhasználás terén is. A *2. ábrán* látható e jelleggörbe, mely a vállalat összes terméktípusára adódott mérési eredményekből származik. A vízszintes tengelyen az időt % mértékegységben úgy kell értelmezni, hogy ekkor egy hőkezelési fázis (fűtés vagy hűtés) teljes lefutási idejét kell 100%-nak tekinteni. Ehhez hasonlóan magyarázható a függőleges tengely mértékegysége is, a hőkezelés során maximálisan fellépő erőforrásigény a 100% megfelelője.

1. ábra

Gőz- és vízigény alakulása egy termék hőkezelése során

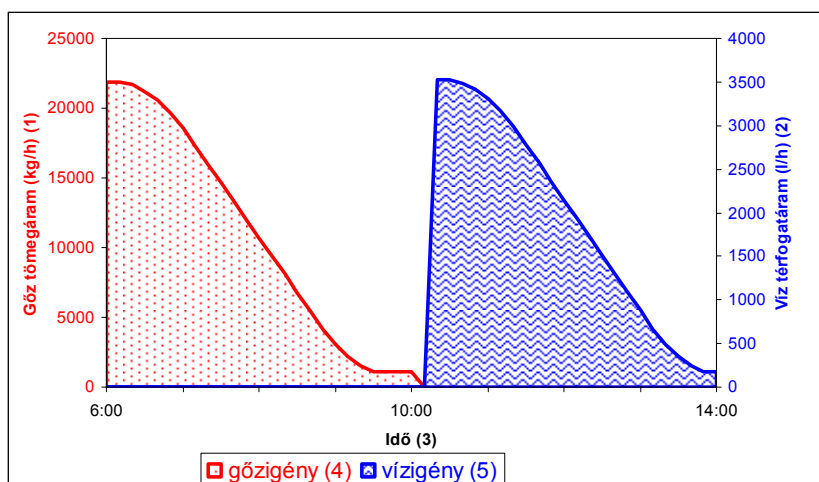


Figure 1: Development of steam and water demand during heat treatment of a product

Steam mass flow (kg/h)(1), Water volume flow (l/h)(2), Time(3), Steam demand(4), Water demand(5).

2. ábra

Erőforrás igény időbeli alakulásának jellege egy terméknel

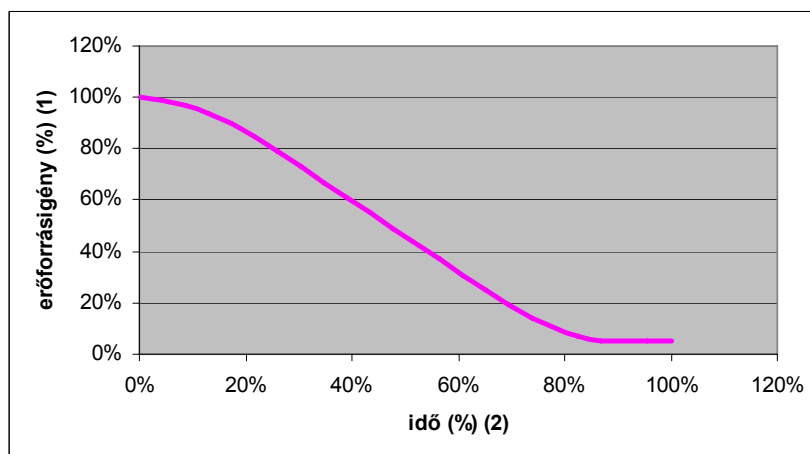


Figure 2: Nature of resource demand in function of time in case of a product

Resource demand (%) (1), Time (%) (2)

E jelleggörbe biztosítja az autokláv csoporttal megvalósított hőkezelés esetén a számítógépes energetikai modellezés alapját. Amennyiben minden termék esetén ismerjük a fűtési, hűntartási és hűtési fázisok időtartamát, valamint a fázisok kezdeti, azaz maximális erőforrásigényét, akkor a jelleggörbe transzponálásával rendelkezünk a termékek hőkezelési modellezéséhez szükséges igény oldali adatokkal.

Fűtőgőz és hűtővíz kapacitásának adatai

A vállalat hőkezelő üzemrésze számára biztosítható kapacitás adatokat mérésekkel szerezhetjük be. Univerzális, minden vállalat számára alkalmas jelleggörbe nem adható meg. Viszont ezek az adatok nem tekinthetők időben állandónak több okból sem. Egyrészt évszaktól függő eltérések is lehetnek egy vállalat esetén, másrészt egy napon belül is jelentkezhetnek periodikusan fellépő kapacitásingadozások. Ezért lehet célszerű több napon át tartó adatgyűjtést végezni különböző évszakokban, majd kiértékelve az adatokat felismerni a törvényszerűségeket a modellezés érdekében. Így például a 3. ábrán láthatóhoz hasonló görbéket kapunk a hőkezelő üzemrész számára nyújtható kapacitásadatokból. Az ábra adatai egy év négy évszakának egy-egy heti mért eredményeinek átlagaként adódtak.

3. ábra

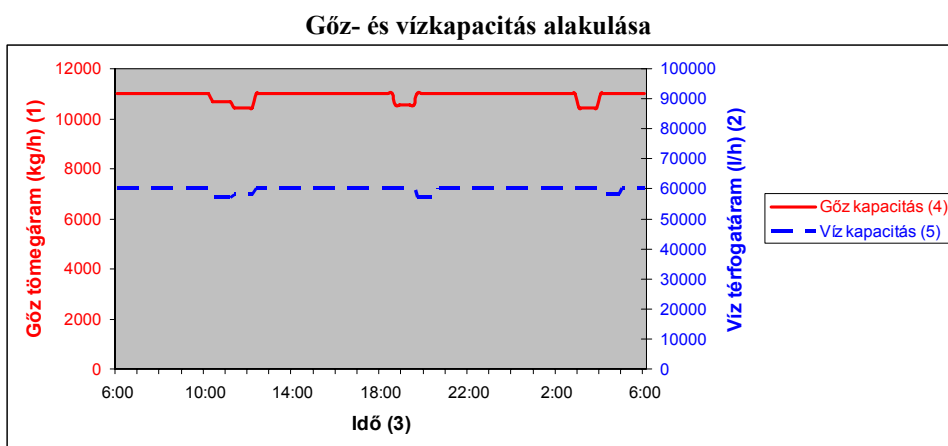


Figure 3: Development of steam and water capacity

Steam mass flow (kg/h)(1), Water volume flow (l/h)(2), Time (3), steam capacity(4), Water capacity(5).

Az Excel és a Visual Basic for Application

Az Excel táblázatkezelő kiválóan testre szabható lehetőséget biztosít a modell adatainak strukturált tárolására munkafüzet lapokon. Felhasználóbarát adatkezelő felület alakítható ki egyéni menü kialakításával, űrlapok alkalmazásával az adatkezeléshez. Elrejthetők a felhasználó elől a számítási részeredményeket tartalmazó lapok, a modell paramétereinek űrlapokon elhelyezett vezérlőkkel változtatásának hatása szemléletes grafikonon jeleníthető meg. Magunk készíthetünk függvényeket és eljárásokat, melyek használatát menüből, eszköztárról, űrlapról vezérelhetjük.

EREDMÉNY ÉS ÉRTÉKELÉS

Ütemezés megvalósítása

A hőkezelés energetikai modellezésére és az ütemezés megvalósítására kialakítottunk egy munkafüzetet, mely tartalmazza:

- az energiaigény jelleggörbe adatait,
- a termékek adatait az ütemezéshez: termékazonosító, név, fűtési idő, hőtartási idő, hűtési idő, maximális gőz tömegáram igény, maximális víz térfogatáram igény, maximális várakozási idő,
- az aktuális napon (holnap) hőkezelendő termékek adatait: sorszám, termékazonosító, legkorábbi hőkezelés kezdési időpont, a hőkezelés kezdésének várakoztatási ideje, még ütemezhető (igen/nem),
- számológépet az aktuális napon hőkezelendő termékek összegzett gőz- és vízigényének napi alakulásának meghatározására, illetve ezek kapacitás túllépésének összegzésére,
- Visual Basic eljárásokat az ütemezéshez,
- diagramot a gőzfelhasználásról (4. ábra) és a vízfelhasználásról,
- egyedi menüt az eljárások végrehajtásának vezérlésére,
- űrlapokat az adatok karbantartására (5. ábra), a kézi (6. ábra) és gépi ütemezés megvalósítására.

A munkafüzet megnyitásakor az Excel megszokott menüje helyett az ütemezési feladatok elvégzését támogató menü jelenik meg, valamint az előző napi használat során a munkafüzetben tárolt ütemezési adatok szerinti gőz- és vízfelhasználási diagram (4. ábra). A Visual Basic for Application eseményvezérelt programozási technikája biztosítja, hogy egy esemény (munkafüzet megnyitása, klikkelés egy menüponton vagy egy parancsgombon) bekövetkezésekor hajtsdjon végre valamely programrészletünk, eljárásunk.

4. ábra

A gőzfelhasználás napi alakulása

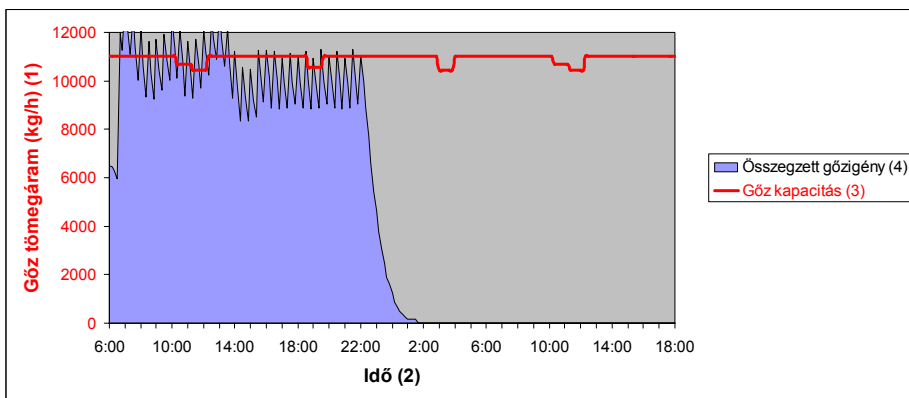


Figure 4: Development of daily steam consumption

Steam mass flow (kg/h)(1), Time(2), Steam capacity(3), Sum of steam demand(4)

5. ábra

Termékek adatkarbantartásának űrlapja

The form is titled 'Termékek' and contains the following fields and buttons:

Field Label	Field Number	Value
termékszám (1):	1	4
név (2):	2	Burg. corned beef
fűtési idő (óra:perc) (3):	3	0:40:00
max gőz tömegáram (kg/h) (4):	4	4000
hűtési idő (óra:perc) (5):	5	0:30:00
max víz térfogatáram (l/h) (6):	6	21000
max várakozási idő (óra:perc) (7):	7	0:00:00
hőntartási idő (óra:perc) (8):	8	0:00:00

Buttons on the right side:

- Újat (9)
- Törölés (10)
- Előző állapot (11)
- Előzőt (12)
- Következő (13)
- Szűrő (14)
- Bezárás (15)

Figure 5: Form of data servicing

Product ID(1), Name(2), Duration of heating (hour:minute)(3), Max. steam mass flow (kg/h)(4), Duration of chilling (hour:minute)(5), Max. water volume flow (l/h)(6), Max wait time (hour:minute)(7), Duration of heat holdong (hour:minute)(8), New(9), Delete(10), Previous state(11), Previous(12), Next(13), Filter(14), Close(15).

A program menüszervezete

- Fájl: Új ütemezés, Megnyitás, Mentés, Mentés másként, Nyomtatási kép, Nyomtatás, Kilépés
- Adatok: Termékek általános adatai, Hőkezelendő termékek listája
- Ütemezés: Kézi, Gépi
- Súgó: A program használata, Névjegyzék

Az „Új ütemezés” parancs kiadásakor a program törli a tárolt terméklistát, és az előző ütemezés alapján kalkulált, a következő napra átnyúló erőforrásigényeket áttemeli, hogy az új napi adatok alapját adják. Tehát a program nem csak egy nap 6:00-6:00-ig terjedő időszakában számítja és tárolja 10 perces bontásban az adatokat, hanem 6:00-18:00-ig. Így további 12 óra adataival biztosítja az esetleg három műszakos üzemelést, ahogy ez a 4. ábrán is látható.

Nyomtatáskor az ütemezésnek megfelelő sorrendben kapjuk meg a terméklistát.

Kézi ütemezés során (6. ábra) a hőkezelendő terméklista egy termékének várakoztatási idejét lehet léptető nyíllal léptetni 10 perces lépésközzel egy űrlapon, miközben a gőz és víz felhasználásának alakulása diagramokon követhető grafikusán. Az űrlapon rekordléptető biztosítja a terméklistában közlekedést, valamint megjelennek

a léptetés hatására frissített értékű, az ütemezések összehasonlítását szolgáló víz- és gőzfogyasztási mutatószámok.

6. ábra

Kézi ütemezés űrlapja

Kézi ütemezés (1)

sorszám: (2) Termék név: (3)

Legkorábbi kezdési idő: (4)

Még ütemezhető: (5) ☒

várakoztatási idő: (6)

Számított értékek (7)

Gőz kapacitás túllépés: (8)

Víz kapacitás túllépés: (9)

Figure 6: Form of manual scheduling

Manual scheduling(1), Number(2), Product name(3), Earliest time to begin(4), Yet can be scheduled(5), Wait time(6), Calculated values(7), Steam capacity overrun(8), Water capacity overrun(9), Previous product(10), Next product(11).

A gépi ütemezés alapja

Az energetikai adatok modellezése során egy teljes nap (általában a holnapi nap) során megjelenő összegzett pillanatnyi erőforrásigényekkel rendelkezünk 10 perces bontásban. Ennél nagyobb felbontást nem érdemes alkalmaznunk, hiszen legalább ekkora pontatlansággal kalkulálható egy nappal előre az elkészülő konzervek megérkezési időpontja a hőkezelő üzemrészbe. A termékekre vonatkozó, élelmiszerbiztonságból eredő korlátja az ütemezésnek a maximális várakozási idő a konzerv hőkezelésének megkezdéséig. A maximális várakozási időket meg nem haladó minden olyan ütemezés a feltételeknek megfelelő, melynek erőforrásigénye a nap folyamán egyszer sem lépi túl a gőz- illetve vízkapacitásból eredő korlátot, ha egyáltalán létezik ilyen ütemezés. Minden ütemezés esetén kiszámítható két mutatószám, melyekkel az egyes ütemezések összehasonlíthatók. Ezek a gőz- illetve a vízkapacitások túllépéseiből határozhatók meg egyszerű összegzéssel. Így válhat összehasonlíthatóvá két ütemezés. Kérdéses viszont egy újabb ütemezés összehasonlítása a korábbival, amikor a két mutatószám közül az egyik értéke csökkent, míg a másiké nőtt. Ahhoz, hogy ilyen esetekben is választ tudjunk adni, a két különböző mértékegységű mutatószám alapján egyetlen adatot kellene

kialakítanunk. Erre úgy lenne lehetőségünk, ha az egyes erőforrások kapacitások feletti többlet igényét pénzben tudnánk kifejezni. Ehhez rendelkezniünk kellene az erőforrások túllépéséből származó többletköltségek egységnyi erőforrásra vetített értékével, s e konstansokkal súlyozott összegeként a gőz- és vízkapacitások mennyiségi túllépéséből egyetlen érték, a többletköltség lenne megkapható. Sajnos e súlyként funkcionáló értékek közül csak a gőzfelhasználásból származó egységköltség állhat rendelkezésünkre, de csak akkor, ha a vállalat külső gőzszolgáltatótól is pótolhatja hiányát, vízfelhasználáskor viszont ez nem járható út. Kapacitások feletti vízigény megjelenésekor nem biztosítható a megfelelő sebességű hűtés, így ebben a fázisban további hőterhelésnek tesszük ki a terméket, mely a termék minőségét rontja. Tehát a termék minőségének kritériumaként az egyenletes, illetve a kapacitást meg nem haladó vízfelhasználás jelenik meg.

Az eddigiek alapján megállapítható, hogy a gőz- illetve a vízkapacitás túllépésének mennyiségét jelző két mutatószám súlyozott összegeként adódó érték minimumára kell törekednünk. A súlyként funkcionáló egységköltség adatok hiányában is alkalmaznunk kell ilyen súlyértékeket, de ekkor e két súlyérték egymáshoz viszonyított relatív nagyságának, arányának van jelentős szerepe az ütemezés során. Akkor tekinthető semlegesnek a gőzre illetve vízre vonatkozó súlyértékek aránya, amikor a relatív túllépéseket egyforma súllyal vesszük figyelembe. Ekkor a kapacitás értékek aránya megegyezik a súlyok arányával. Ha a semlegestől eltérően a vízre vonatkozó súlyt megnöveljük, akkor az ütemezés során adódó optimumnál a vízkapacitás túllépéseket csökkenthetjük a gőzkapacitások túllépésének rovására. Mindez persze fordítva is igaz.

Célunk az egyenletes vízfelhasználást biztosító ütemezések közül kiválasztanunk a gőzigényből származó legkisebb költségűt, így garantálható a legjobb elérhető termékminőség, minimális költséggel. Ehhez tehát a semleges súlyaránytól eltérő, a vízkapacitás túllépést erősebben „büntető” súlyokat kell alkalmaznunk. Az ütemezést végrehajtó program futtatási tapasztalatai alapján a semlegeshez viszonyított háromszoros értékű vízre vonatkozó súlyérték alkalmazása célszerű.

A gépi ütemezés algoritmus

Az ütemezés során arra kell választ kapnunk, hogy egy nap során az egyes termékek hőkezelését milyen időpontban kell elkezdenünk az adott időkorlátok között (10 perces bontásban) úgy, hogy a gőz- illetve vízkapacitások túllépéséből származó súlyozott összeg, mint célérték minimális legyen. Az állapottér (20-30 termékre vonatkozó kezdési időpontok összes variációja) teljes bejárása indokolatlanul nagy futási időt eredményezne, ezért a következő algoritmus is elegendőnek bizonyult:

1. A célérték kezdőértékének meghatározása a termékek hőkezelésének legkorábbi elkezdésekor.
2. Ha a célérték nulla, vége az eljárásnak. Az optimális kezdési időpontja a termékek hőkezelésének a legkorábbi.
3. Egyenként, minden egyes terméken (amely még ütemezhető) egyszer végighaladva beállítjuk az adott termékre vonatkozó korlátok közötti kezdési időpontok közül azt, amikor a legkisebb célérték adódik.
4. A 3. lépést addig ismételjük, míg a célérték nulla nem lesz, vagy nem csökken tovább. Különben az eljárás befejeződik, a termékek hőkezelésének optimális kezdési időpontja az utoljára beállított érték.

A program azt a lehetőséget is biztosítja, hogy az aktuális napra vonatkozó, de még el nem kezdett hőkezeléseket újra tudjuk ütemezni, ha erre valamilyen előre nem

tervezhető okból szükség lenne. Ekkor lesz jelentősége a „még ütemezhető” adatnak, melynek alapértelmezett értéke „igen”, de a már megkezdett hőkezelések esetén ezt „nem”-re kell állítani.

KÖVETKEZTETÉSEK

Autokláv csoport működésének szimulációjával számszerű és grafikus eredményeket kaptunk a gőz- és vízigények kapacitásokhoz viszonyított alakulásáról. Az ütemezés pozitív hatása így egyértelműen igazolódott.

Energetikai modellünk kapcsán a teljesség érdekében meg kell jegyeznünk, hogy ez az egyik legegyszerűbb kezelhető modell, s mint ilyen, több tényezőt nem vesz figyelembe. Modellünk nem számol azokkal a hatásokkal, melyek akkor jelentkeznek, amikor a legjobb ütemezés ellenére is fellépő kapacitás feletti igények nem fedezhetők. Ekkor a hőkezelés egyes fázisainak időtartama megnövekszik, mely hatást egyszerű modellünk elhanyagolja.

Továbbfejlesztési lehetőségként megemlítem a folyamatmodellek közvetlen számítógépi leképezésére kifejlesztett generikus kétrétegű háló modellen alapuló szoftvertechnológia alkalmazását, mely alkalmas lehet a gazdasági folyamat dinamikus szimuláción alapuló tervezésére (Bánkuti et al., 2005), illetve az ütemezés megvalósítására.

IRODALOM

- Almonacid-Merino, S.F., Simpson, R., Torres, J.A. (1993). Time-variable retort temperature profiles for cylindrical cans: batch process time, energy consumption, and quality retention model. *Journal-of-Food-Process-Engineering*, 16. 4. 271-287.
- Bánkuti, G., Csukás, B. (2005). Generic bi-Layered Net Model: Generic Methodology for Process Simulation. In: Artificial intelligence applications and innovations: IFIP TC12 WG12.5–Second IFIP Conference on Artificial Intelligence Applications and Innovations (AIAI2005), Beijing, China, Li. D., Wang, B. (eds.) Springer : New York, 691-700.
- Bhowmik, S.R., Vichnevetsky, R., Hayakawa, K.I. (1985). Mathematical model to estimate steam consumption in vertical still retort for thermal processing of canned foods. *Lebensmittelwissen-schaft und Technologie* 18. 1. 15-23.
- Eszes, F., Huszka, T. (1998). Megfontolások a húsipari főzési és pasztöröző hőkezelések modellezéséhez. I. rész: A pasztöröző hőkezelés kezdeti és peremfeltételeinek vizsgálata. *A Hús* 1. 11-17.
- Eszes, F., Rajkó, R., Szabó, G. (2003). Energia és vízfelhasználás csökkentés lehetőségeinek feltárása a húsiparban. *Proceedings of 10 Symposium on Analytical and Environmental Problems*, MTA Szegedi Akadémiai Bizottság Kémiai Szakbizottság Környezetvédelmi és Analitikai Munkabizottsága, Szegedi Tudományegyetem : Szeged, 169-174. p.
- Ramaswamy, H.S., Lo, K.V., Tung, M.A. (1982). Simplified Equations for transient Temperatures in Conductive Foods with Convective Heat Transfer at the Surface. *General of Food Science*, 47. 6. 2042-2047., 2065.
- Welt, B.A., Teixeira, A.A., Chau, K.V., Balaban, M.O., Hintenlang, D.E. (1997). Explicit finite difference methods for heat transfer simulation and thermal process design. *Journal of Food Science*. 62. 2. 230-236.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Fabulya Zoltán

Szegedi Tudományegyetem, Mérnöki Kar, Ökonómiai és Vidékfejlesztési Intézet
6725 Szeged, Mars tér 7.

University of Szeged, Faculty of Engineering

H-6725 Szeged, Mars tér 7.

Tel.: 36-62-546-000, Fax: 36-62-546-027

e-mail: fabulya@mk.u-szeged.hu



Nap- és szélenergiák helyileg optimális megválasztását segítő számítógépes program

Beck J., Klencsár Z.

Matematika és Fizika Tanszék, Kaposvári Egyetem, 7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

ÖSSZEFOGLALÁS

A nap- és szélenergia magyarországi hasznosításának gazdaságossága egyrészt a gazdasági környezet, másrészt a természeti adottságok függvénye. A természeti adottságok közül napenergia kiaknázása esetén a globálsugárzás évi összege, szélenergia kiaknázása esetén pedig elsősorban a szélsébség éves átlaga befolyásolja az adott energiaforrás kiaknázásának gazdaságosságát. Utóbbi jellemzők azonban függenek a földrajzi helyzettől, s ezért Magyarország különböző területein jelentősen eltérhet ugyanazon naperőmű vagy szélenergiatermelő beruházás gazdaságosságának mértéke. E földrajzi helyzettől is függő gazdaságosság megbecslésére Delphi 7.0 fejlesztői környezet alkalmazásával Windows XP operációs rendszer alatt futó számítógépes programot dolgoztunk ki. A program egy gazdasági modellt, és többek közt Magyarország globálsugárzás- és széltérképe alapján készíti el a felhasználó által megadott nap- vagy szélenergiatermelő beruházás gazdaságosságának térképét Magyarország területére vonatkozóan. (Kulcsszavak: megújuló energiák, napenergia, szélenergia)

ABSTRACT

Computer program for estimating the efficiency of solar- and wind power plant investments

J. Beck, Z. Klencsár

University of Kaposvár, Department of Mathematics and Physics, H-7400 Kaposvár, Guba S. 40.,

The efficiency of the exploitation of renewable energy sources like solar radiation and wind energy depends on economic factors as well as on the availability of the corresponding natural resource. The efficiency of a solar power plant investment will naturally depend on the local value of global insolation, whereas the efficiency of a wind farm investment depends first of all on the yearly average of wind speed measured at the height of the wind turbine's hub. Therefore, the efficiency of a solar- or wind power plant will in general also depend on the power plant's geographical location. In order to estimate the investment efficiency of solar- and wind power plant investments as a function of geographical location as well as various technical parameters and economic factors, we have worked out a corresponding economic model, and — by using Delphi 7.0 environment under Windows XP OS — developed a computer program that is able to calculate and visualize the investment efficiency map of various solar- and wind power plant investments. We have applied the program for the case of Hungary by using the maps displaying the yearly global insolation and the wind speed at 70 m above ground level for the area of Hungary.

(Keywords: renewable energies, solar energy, wind energy)

BEVEZETÉS

Magyarország az Európai Unióval kötött csatlakozási szerződésben vállalta, hogy 2010-re összes energiatermelésének 7,2%-át megújuló energiaforrások kiaknázása útján állítja elő. E vállalásnak azonban mindeddig csupán mintegy a felét (2003-ig ~ 3,5%-ot) sikerült teljesíteni (*Giber és mtsai*, 2005) Jelen munkában kizárólag a szél és a napsugárzás villamos energetikai hasznosítására koncentrálnunk.

Magyarország napsugárzási adottságai kedvezőek, hiszen a rendelkezésre álló napenergia potenciál a jelenlegi teljes energiafelhasználásunk mintegy 400-szorosa. A napenergia hasznosításának előmozdítása érdekében kiírt pályázatok (lásd pl. *NEP*, 2007) hatására az elmúlt három évben hazánkban mintegy 500 napkollektoros rendszer épült, melyek többsége használati melegvíz előállítására szolgál. Jelentős teljesítményt szolgáltató naperőmű Magyarországon jelenleg csak egy működik: villamosenergetikai és oktatási célú hasznosításra a Szent István Egyetem gödöllői kampuszán telepített egy 10 kW-os napelemes erőművet.

Magyarországon a földfelszíntől mért 10 méteres magasságban az átlagos szélesebség jellemző értéke 2,5-3,5 m/s, 75 méter magasságban azonban már elérheti az 5,5 m/s-ot is. Hazánkban jelenleg tizenhét szélerőmű termel elektromos áramot, melyek teljesítménye 200 kW-tól 1,8 MW-ig terjed (*Giber és mtsai*, 2005)

A szél és a napsugárzás villamosenergetikai kiaknázásának gazdaságosságát nagymértékben befolyásolják földrajzi helyzettől függő természeti adottságok (pl. napsugárzás felületi teljesítménye, szélesebség), így a különböző megújuló energiaforrások más és más földrajzi területen jelenthetnek gazdaságos alternatívát a villamosenergia-termelés szempontjából. A természeti adottságok és a helyi gazdasági környezet paramétereinek ismeretében határozható meg, hogy az adott területen mely megújuló energiaforrás kiaknázása a legcélszerűbb.

Jelen munka célja egy olyan számítógépes program kidolgozása volt, amely a földrajzi helyzettől függő természeti adottságok, és a gazdasági környezet releváns paraméterei alapján képes megbecsülni a napenergia és a szélenergia helyi, villamosenergetikai célú kiaknázásának gazdaságosságát, valamint képes a földrajzi helyzettől függő paraméterek és számítási eredmények eloszlásának térképszerű grafikus megjelenítésére.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Annak érdekében, hogy a naperőmű és a szélerőmű telepítésének gazdaságosságát Magyarország bármely pontjára vonatkozóan meg tudjuk becsülni, olyan Windows XP operációs rendszeren futó számítógépes programot készítettünk Borland Delphi 7 alkalmazásfejlesztő környezet felhasználásával, ami képes az alább felsorolt térképek adatainak feldolgozására.

A napenergia-hasznosítás gazdaságosságának kiszámításához felhasználtuk a Magyarországon mérhető globálsugárzás¹ éves összegének várható értékét a földrajzi helyzet függvényében ábrázoló térképet, amit az Országos Meteorológiai Szolgálat honlapjáról (*MET*, 2007) töltöttünk le. A napelemek által elfoglalt területek mezőgazdasági termelésből való kivonásának köszönhető jövedelemkiesést Magyarország föld-

¹ A globálsugárzás a Napból érkező közvetlen sugárzás és az égbolt minden részéről érkező szórt sugárzás összege (*MET*, 2007).

minőség-térképe alapján becsültük, melyet a Gödöllői Agrártudományi Egyetemen készítettek 1997-ben (GAE, 1997; Dely, 2006).

A szélenergia-hasznosítás gazdaságosságának kiszámításához a Magyarország területén a felszín felett 70 méter magasságban mérhető szélesebbesség éves átlagát ábrázoló térképet használtuk fel, melyet az Energia Központ Kht. Könyvtárából szereztünk be.

Az elektronikus formában rendelkezésre álló térképeket a Kaposvári Egyetem Matematika és Fizika Tanszékén készített MapIt nevű programmal alakítottuk át olyan szöveges fájlkká, melyek a képpontok színe mellett már tartalmazzák a pontok földrajzi szélesség és földrajzi hosszúság koordinátáit is.

EREDMÉNY ÉS ÉRTÉKELÉS

A gazdaságosságot befolyásoló főbb tényezők

Mind a napelemes erőművek, mind pedig a szélerőművek esetében a beruházás gazdaságosságát a felmerülő költségek és a megtermelt villamos energiából származó haszon határozzák meg. A beruházás megvalósulásával lényegében egyidőben felmerülő költségek az ún. beruházási költség kategóriába, a későbbiekben évenként felmerülő költségek pedig az ún. üzemelési költség kategóriába sorolhatók.

A beruházási költséget ($K_{b,\Sigma}$) a saját tőke (P_s), a kapott állami támogatás (P_t) és a szükség szerint felvett hitel (P_h) összege adja. Az évi üzemelési költséghez ($K_{ü,\Sigma}$) az erőmű méretétől (pl. napelemek és akkumulátorok számától) függő (pl. karbantartással kapcsolatos), és attól független állandó (pl. bér jellegű) évi költségek járulhatnak hozzá. A várható infláció ismeretében megbecsülhető a felvett hitel után fizetendő összes hitelkamatnak a hitelfelvétel időpontjára számított értéke ($K_{THM,\Sigma}$), mely így lényegében a beruházási költséggel azonos módon befolyásolja a gazdaságosságra vonatkozó számításokat.

A beruházás gazdaságosságának jellemzésére egyaránt alkalmas a beruházás megtérülési ideje (T_m), és az 1 kWh villamos energiának a beruházás teljes élettartamára vetített előállítási költsége ($K_{1\text{ kWh}}$). Lényeges különbség a kettő között, hogy míg az előbbi függ az éves jövedelemtől (P_j), az utóbbi független attól.

Jövedelem egyrészt származhat abból, hogy a megtermelt energia közvetlenül felhasznált részét nem kell a szolgáltatótól megvásárolni, másrészt abból, hogy a megtermelt villamos energia fel nem használt részét a szolgáltató felé értékesíteni lehet. További számszerűsíthető jövedelem származhat pl. a CO₂ kereskedelemben való részvételből, valamint a beruházás következtében megjelenő esetleges helyi infrastrukturális fejlődésből.

A gazdaságosság reális megítéléséhez figyelembe kell venni azt is, hogy a beruházás területének mezőgazdasági művelés alól való kivonása következtében elesünk attól a jövedelemtől, ami a földterület mezőgazdasági hasznosítása esetén keletkezne. Ez az ún. termőföldkivonásból eredő jövedelemkiesés lényegében olyan veszteség (P_v), ami a beruházás éves nyereségét csökkenti. Ez a veszteség elsősorban a termőtalaj minőségétől függ, mely utóbbi azonban szintén a földrajzi helyzet függvénye.

Naperőmű beruházás gazdaságosságának számítása

A naperőmű beruházás gazdaságosságának értékeléséhez először meg kell állapítanunk az adott napelemtípus segítségével 1 m²-es területen egy év alatt termelhető energia mennyiségét. Ha a kiválasztott napelemtípus hatásfoka (Farkas, 2003) η_n , a kapcsolódó

elektronikus rendszer hatásfoka pedig η_r , akkor az 1 m^2 felületű napelem által egy év alatt termelt villamos energia

$$E_{1\text{év}, 1\text{m}^2} = \eta_r \eta_n E_{1\text{év}, 1\text{m}^2}^* , \quad (1)$$

ahol $E_{1\text{év}, 1\text{m}^2}^*$ a globálsugárzás éves összege a telepítés helyén.

Ha az egy év alatt termelt villamos energia önkormányzat által elvárt mennyisége $E_{1\text{év}}^*$, akkor a napelemek által elfoglalt terület a beruházás helyén egy év alatt 1 m^2 -en nyerhető energia, és az egy napelem által elfoglalt A_n terület ismeretében számítható ki:

$$A_\Sigma = A_n \left[\frac{E_{1\text{év}}^*}{A_n E_{1\text{év}, 1\text{m}^2}} \right]^\uparrow , \quad (2)$$

ahol – figyelembe véve, hogy csak egész napelemet lehet vásárolni – $[x]^\uparrow$ az x számhoz legközelebb eső, nálánál nem kisebb egész számot jelöli. A kerekítés miatt az 1 év alatt ténylegesen megtermelt energia nagysága

$$E_{1\text{év}} = A_\Sigma E_{1\text{év}, 1\text{m}^2} . \quad (3)$$

A napelemek és akkumulátorok számának és egységárának ismeretében ezután meghatározható a beruházás költsége:

$$K_{b,\Sigma} = \frac{N_n K_{n,1} + N_a K_{a,1}}{1 - X_{b,e}} , \quad (4)$$

ahol $X_{b,e}$ az ún járulékos költséghányad, ami megadja, hogy a beruházási költségen belül mekkora részarányt képviselnek a napelemek és az akkumulátorok vételárán felüli költségek.

Ezt követően a hitel és az állami támogatás beruházási költségen belüli arányának (rendre X_h és X_t) ismeretében meghatározható a beruházási költségben szereplő hitel (P_h) és a vissza nem térítendő támogatás (P_t) mértéke:

$$P_h = X_h K_{b,\Sigma} , \quad (5)$$

$$P_t = X_t K_{b,\Sigma} . \quad (6)$$

Az 1 kWh energia értékesítési árának ($B_{1\text{kWh}}$) felhasználásával, valamint az egy év alatt termelt energia mennyiségével meghatározható az éves árbevétel mértéke:

$$B_\Sigma = E_{1\text{év}} B_{1\text{kWh}} . \quad (7)$$

Az évi üzemelési költség egyik eleme a szükséges akkumulátorcserék teljes élettartamra vetített költségének egy évre jutó része ($K_{\bar{u},\text{acs}}$):

$$K_{\bar{u},\text{acs}} = \frac{([T/T_a]^\uparrow - 1) N_a K_{a,1}}{T} , \quad (8)$$

ahol T a beruházás teljes élettartama, T_a pedig az akkumulátorok élettartama. Az évi teljes üzemelési költség ($K_{\bar{u},\Sigma}$) ezután a napelemek számának, az egy napelemre jutó éves üzemelési költségnek ($K_{\bar{u},n}$), az akkumulátorok számának és az egy akkumulátorra jutó éves üzemelési költségnek ($K_{\bar{u},a}$), a napelemek és akkumulátorok számától független

egyéb üzemelési költségeknek ($K_{ü,e}$), valamint az akkumulátorcserék egy évre jutó költségének a segítségével számítható:

$$K_{ü,\Sigma} = N_n K_{ü,n} + N_a K_{ü,a} + K_{ü,e} + K_{ü,acs} \quad (9)$$

Az egy év alatt elérhető jövedelem (P_j) kiszámításához szükség van még a termőföldkivonásból eredő jövedelemkiesésre (P_v) amit az egy négyzetméterre jutó jövedelemkiesés ($P_{v,1m^2}$) és a beruházás teljes területének szorzataként számíthatunk ki:

$$P_v = A_\Sigma P_{v,1m^2} \quad (10)$$

Az egy négyzetméterre jutó jövedelemkiesést az 1 tonna búza értékesítéséből adódó jövedelem (P_{1t}) és az adott terület 1 m²-én várható – tonnában mért – termésátlag (Q_{1m^2})

határozza meg:

$$P_{v,1m^2} = Q_{1m^2} P_{1t} \quad (11)$$

Az adott terület 1 m²-én várható termésátlag viszont a termőrétegvastagság függvénye, mely függvényt a számítások során az 1. ábrának megfelelően választottuk meg.

1. ábra.

A termőrétegvastagság és az 1 m²-en várható termésátlag összefüggése, ahogy az a programban alkalmazásra került.

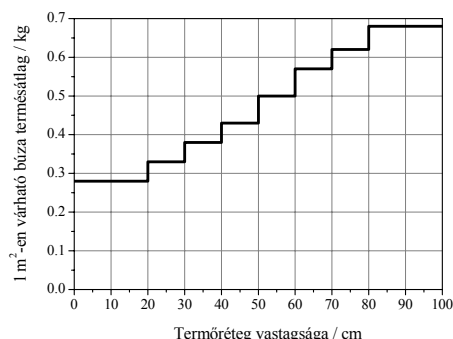


Figure 1: The dependence of average yield of wheat (expected on an area of 1 m²) on the soil depth, as it is used in the program.

Average yield of wheat kg(1) Soil depth cm(2)

Az egy év alatt elérhető jövedelmet a (7) kifejezéssel adott B_Σ összes bevétel, a (9) kifejezéssel adott $K_{ü,\Sigma}$ éves üzemelési költség és a (10) kifejezéssel adott P_v jövedelemkiesés határozza meg:

$$P_j = B_\Sigma - K_{ü,\Sigma} - P_v \quad (12)$$

A T_m megtérülési idő a $K_{b,\Sigma}$ beruházási költség, a P_t támogatás, a kumulált hitelkamat, valamint a P_j éves jövedelem függvénye:

$$T_m = \frac{K_{b,\Sigma} + K_{THM,\Sigma} - P_t}{P_j} \quad (13)$$

A másik gazdaságosságot jellemző célfüggvény, azaz az 1 kWh energia teljes élettartamra vetített előállítási költsége (K_{1kWh}), a beruházás teljes élettartama alatt termelt energia ($E_T = E_{1év} T$), az összes üzemelési és a beruházási költség, valamint a kumulált hitelkamat felhasználásával számítható ki:

$$K_{1kWh} = \frac{K_{ü,\Sigma} T + K_{b,\Sigma} + K_{THM,\Sigma}}{E_T} \quad (14)$$

Szélerőmű beruházás gazdaságosságának számítása

A szélerőmű beruházás gazdaságosságának értékeléséhez meg kell állapítanunk a szélgépet által az adott területen szolgáltatott teljesítmény éves átlagát. A szélesebbesség nagyságának eloszlása közelítőleg az

$$f(v) = \frac{\pi v}{2 v_a^2} e^{-\frac{\pi v^2}{4 v_a^2}} \quad (15)$$

valószínűségi sűrűség-függvénnyel írható le (Patay, 2003), ahol $v_a \equiv \langle v \rangle$ a szélesebbesség – fenti eloszlásnak megfelelő – várható értéke, amit a gyakorlatban a szélesebbesség időbeli átlagértékével becsülhetünk. A szélerőmű számára rendelkezésre álló, felületegységre jutó szél teljesítmény várható értéke (Patay, 2003)

$$\langle p_{1m^2}(v) \rangle = \int_0^\infty \frac{1}{2} \rho_{\text{levegő}} \frac{\pi v^4}{2 v_a^2} e^{-\frac{\pi v^2}{4 v_a^2}} dv, \quad (16)$$

ami megfelelő átalakítás útján

$$\langle p_{1m^2}(v) \rangle = \left(\frac{2}{\sqrt{\pi}} \right)^3 \rho_{\text{levegő}} v_a^3 \int_0^\infty t^4 e^{-t^2} dt = \frac{3}{\pi} \rho_{\text{levegő}} v_a^3 \quad (17)$$

alakra hozható. Figyelembe véve, hogy a szélerőművek maximális hatásfoka $\eta_{\max} = 16/27$ (Patay, 2003), fentiek alapján egy A rotorfelületű szélgepet átlagos teljesítményének felső határa

$$\langle p_A \rangle_{\max} = \frac{16}{9\pi} \rho_{\text{levegő}} A v_a^3 \quad (18)$$

Vízszintes tengelyű, d rotorátmérőjű szélgepet feltételezve a fenti kifejezés

$$\langle p_d \rangle_{\max} = \frac{4}{9} \rho_{\text{levegő}} d^2 v_a^3 \quad (19)$$

alakra hozható, mely szerint a szélgépek átlagos teljesítményének felső határa erőteljesen növekszik mind a rotorátmérőnek, mind pedig az átlagos szélesebbességnek a növekedésével.

A szélgépek azonban csak akkor termelnek energiát, ha a szélesebbesség értéke a szélgepre jellemző $v_{\min}$ indulási sebesség és $v_{\max}$ leállási sebesség értékek közé esik. A (16) kifejezésből kiindulva, egy d rotorátmérőjű szélgepet tényleges átlagteljesítménye tehát

$$\langle p_d \rangle = \eta_r \eta_{sz} \int_{v_{\min}}^{v_{\max}} \frac{1}{2} \rho_{\text{levegő}} \frac{d^2 \pi}{4} \frac{\pi v_a^4}{2 v_a^2} e^{-\frac{\pi v^2}{4 v_a^2}} dv, \quad (20)$$

ami megfelelő átalakítás útján a

$$\langle p_d \rangle = \eta_r \eta_{sz} \frac{2}{\sqrt{\pi}} \rho_{\text{levegő}} d^2 v_a^3 \int_{t_{\min}}^{t_{\max}} t^4 e^{-t^2} dt \quad (21)$$

alakra hozható, ahol $\eta_{sz} \leq 16/27$ a szélgép, η_r pedig a kapcsolódó elektronikus rendszer hatásfoka, továbbá

$$t_{\min} = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \frac{v_{\min}}{v_a} \quad \text{és} \quad t_{\max} = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \frac{v_{\max}}{v_a}. \quad (22)$$

A fentiek alapján felírhatjuk a szélgép által 1 év alatt termelt összes energia várható értékét:

$$E_{1\text{év},1\text{szélgép}} = 1\text{év} \times \langle p_d \rangle = (365 \times 24\text{h}) \times \eta_r \eta_{sz} \frac{2}{\sqrt{\pi}} \rho_{\text{levegő}} d^2 v_a^3 \int_{t_{\min}}^{t_{\max}} t^4 e^{-t^2} dt \quad (23)$$

Ha a $\rho_{\text{levegő}}$ sűrűséget kg/m^3 , a d rotorátmérőt méter, a v_a átlagsebességet pedig m/s egységben mérjük, akkor a fenti kifejezés $E_{1\text{év},1\text{szélgép}}$ értékét Wh (wattóra) egységben szolgáltatja. Ha A_{sz} -el jelöljük az egy szélgépre jutó földterület nagyságát, akkor az $E_{1\text{év},1\text{m}^2}$ (az 1 év alatt megtermelt energia 1m^2 -nyi földterületre jutó része) mennyiséget *formálisan* a szélerőművek esetére is definiálhatjuk:

$$E_{1\text{év},1\text{m}^2} = \frac{E_{1\text{év},1\text{szélgép}}}{A_{sz}}. \quad (24)$$

E formális definíció azzal az előnnyel jár, hogy segítségével a szélerőmű beruházás gazdaságosságát pontosan ugyanúgy a (2-14) egyenletek alapján számíthatjuk ki, mint a napelemes erőművek esetében, feltéve, hogy minden olyan mennyiséget (N_n , A_n , $K_{n,1}$, $K_{u,n}$), ami ott napelemekre vonatkozott, szélgépekre vonatkoztatunk (N_{sz} - szélgépek száma, A_{sz} - egy szélgépre jutó földterület, $K_{sz,1}$ - szélgép egységára, $K_{u,sz}$ - egy szélgépre jutó éves üzemelési költség). Mivel azonban a szélerőművek lényegében nem korlátozzák telepítési területük mezőgazdasági hasznosítását, a szélerőmű beruházás esetében az egy négyzetméterre jutó termőföldkivonásból eredő jövedelemkiesés zérus:

$$P_{v,1\text{m}^2} = 0.$$

A (23) kifejezés kiértékeléséhez ismernünk kell a szélesebesség v_a átlagértékét, amit a rendelkezésünkre álló térkép csak 70 m-es magasságra vonatkozóan adott meg. Ha a szélgép h magassága 70 métertől eltér, akkor a szélgép magasságában az átlagos szélesebesség értékét a

$$v_a(h) = v_a(70\text{m}) \times \sqrt{\frac{h}{70\text{m}}} \quad (25)$$

kifejezéssel becsülhetjük (Patay, 2003), ahol $v_a(h)$ és $v_a(70\text{m})$ rendre a szélesebesség h magasságban illetve 70 méteren mérhető átlaga.

Megemlítjük, hogy a (23) kifejezésben szereplő integrál eredménye nem állítható elő zárt alakban, ezért azt v_a , $v_{\min}$ és $v_{\max}$ ismeretében numerikusan kell kiszámítani.

A megtérülési idő alsó határa

A (4) kifejezéssel adott $K_{b,\Sigma}$ beruházási költségnek, a (6) kifejezéssel adott P_t támogatásnak, és a (9) kifejezéssel adott $K_{ü,\Sigma}$ üzemelési költségnek a T_m megtérülési idő (13) kifejezésébe való behelyettesítésével kapjuk, hogy

$$T_m = \frac{(1 - X_t) \frac{N_n K_{n,1} + N_a K_{a,1}}{1 - X_{b,e}} + K_{THM,\Sigma}}{E_{1\text{év}} B_{1\text{kWh}} - (N_a K_{ü,a} + N_n K_{ü,n} + K_{ü,e} + \frac{([T/T_a]^\uparrow - 1) N_a K_{a,1}}{T}) - P_v}, \quad (26)$$

ahol figyelembe vettük a B_Σ összes bevételre vonatkozó (7), az akkumulátorcserékkel kapcsolatos $K_{ü,acs}$ üzemelési költségre vonatkozó (8), és a P_j éves jövedelemre vonatkozó (12) kifejezéseket is. Felmerül a kérdés, hogy adott $B_{1\text{kWh}}$ egységár, $K_{n,1}$, $K_{a,1}$, $K_{ü,n}$, $K_{ü,a}$, $K_{ü,e}$ költségadatok, és X_t , $X_{b,e}$ arányok mellett vajon mekkora a megtérülési idő alsó határa ($T_{m,\min}$)?

Ha a beruházás éves mérlege nyereséget mutat (azaz ha a fenti kifejezés nevezője pozitív), akkor a megtérülési idő csökkenthető az 1 év alatt termelt $E_{1\text{év}}$ energia növelésével. Ennek megfelelően a megtérülési idő – a valóságban megközelíthető, de el nem érhető – alsó határát a

$$T_{m,\min} = \lim_{E_{1\text{év}} \rightarrow \infty} T_m \quad (27)$$

egyenlőség alapján számíthatjuk ki. Az egyszerűség kedvéért a következőkben a megtérülési idő alsó határát 0% hitel ($K_{THM,\Sigma} = 0$) és zérus termőföldkivonásból eredő jövedelemkiesés ($P_v = 0$) feltételezésével számítjuk ki.

A (26) kifejezés jobb oldalának (27)-be történő behelyettesítésével, és a fenti feltételek figyelembevételével kapjuk, hogy

$$T_{m,\min} = \lim_{E_{1\text{év}} \rightarrow \infty} \frac{\frac{1 - X_t}{1 - X_{b,e}} N_n K_{n,1} + \frac{1 - X_t}{1 - X_{b,e}} N_a K_{a,1}}{(E_{1\text{év}} B_{1\text{kWh}} - N_n K_{ü,n}) - (N_a K_{ü,a} + K_{ü,e} + \frac{([T/T_a]^\uparrow - 1) N_a K_{a,1}}{T})}, \quad (28)$$

ahol mind a számlálóban, mind pedig a nevezőben különválasztottuk az $E_{1\text{év}}$ mennyiségtől függő, és attól független tagokat. A (3) összefüggés figyelembevételével a fenti kifejezés jobb oldala

$$\lim_{E_{1\text{év}} \rightarrow \infty} \frac{\frac{1 - X_t}{1 - X_{b,e}} \frac{E_{1\text{év}} K_{n,1}}{A_n E_{1\text{év},1\text{m}^2}} + \frac{1 - X_t}{1 - X_{b,e}} N_a K_{a,1}}{(E_{1\text{év}} B_{1\text{kWh}} - \frac{E_{1\text{év}} K_{ü,n}}{A_n E_{1\text{év},1\text{m}^2}}) - (N_a K_{ü,a} + K_{ü,e} + \frac{([T/T_a]^\uparrow - 1) N_a K_{a,1}}{T})}, \quad (29)$$

alakra hozható. A határérték képzése ezután a

$$T_{m,\min} = \frac{\frac{1 - X_t}{1 - X_{b,e}} K_{n,1}}{A_n E_{1\text{év},1\text{m}^2} B_{1\text{kWh}} - K_{ü,n}} \quad (30)$$

végeredményre vezet: a számlálóban lényegében az egy napelemre jutó beruházási költség (a napelem vételára és a kapcsolódó egyéb járulékos beruházási költségek összege) támogatás által nem fedezett része, a nevezőben pedig az egy napelem által 1 év alatt termelt energiából származó bevétel és az egy napelemre jutó éves üzemelési költség különbsége áll.

A fenti kifejezés szélerőművekre érvényes alakját a $K_{n,1} \rightarrow K_{sz,1}$, $A_n \rightarrow A_{sz}$ és $K_{ü,n} \rightarrow K_{ü,sz}$ helyettesítésekkel kaphatjuk meg.

1 kWh teljes élettartamra vetített előállítási költségének alsó határa

A (14) kifejezés alapján kiszámíthatjuk az 1 kWh teljes élettartamra vetített előállítási költségének alsó határát ($K_{1kWh,min}$) is. Zérus termőföldkivonásból eredő jövedelemkiesés ($P_v = 0$) és 0% hitel ($K_{THM,\Sigma} = 0$) feltételezésével a következő eredményre jutunk:

$$K_{1kWh,min} = \lim_{E_{1év} \rightarrow \infty} K_{1kWh} = \frac{K_{ü,n}T + \frac{K_{n,1}}{1 - X_{b,e}}}{A_n E_{1év,1m^2} T}, \quad (31)$$

ahol T a beruházás élettartama.

Fenti kifejezés szélerőművekre érvényes alakja:

$$K_{1kWh,min} = \lim_{E_{1év} \rightarrow \infty} K_{1kWh} = \frac{K_{ü,sz}T + \frac{K_{sz,1}}{1 - X_{b,e}}}{E_{1év,1szélgép} T}. \quad (32)$$

Földrajzi helyzettől függő adatok megjelenítése

A bittérképek a globálsugárzás éves összege, a szélsőbesség átlaga vagy más egyéb tulajdonság szempontjából – véges felbontásuk miatt – szükségszerűen mindig csak pontonként képesek valamely földrajzi terület jellemzésére. A különálló pontokból felépülő térképeket bizonyos méret fölé nagyítva a térképpontok egymástól eltávolodnak, és kitöltetlen, üres helyeket hagynak szabadon maguk között. Ilyen esetekben a megjelenítés a kívánatosnál sokkal kevésbé informatív az adott terület tulajdonságait illetően. Ezt a problémát a kidolgozott programban a következőképpen oldottuk meg.

Annak érdekében, hogy a térképek ábrázolásához rendelkezésre álló véges sok adat felhasználásával tetszőleges nagyítás mellett kellően informatív megjelenítést érjünk el, egy olyan eljárást dolgoztunk ki, ami a pontokból álló térképet poligonokból álló térképpé alakítja át oly módon, hogy az egymással oldalaik mentén érintkező poligonok a térkép területének egy hézagmentes lefedését adják. A 4. ábrának megfelelően a poligonok a pontok alkalmasan megválasztott környezeteként állíthatók elő, s ennek megfelelően minden poligon színét a benne foglalt képpont színével vettük azonosnak. Ha ezek után az eredeti képpontok helyett a nekik megfelelő poligonokat ábrázoljuk, akkor tetszőleges nagyítás mellett informatív megjelenítést kapunk.

A poligonokból álló térkép (ún. *poligontérkép*) térképpontokból (ún. *nyers térképből*) történő előállításának elvét a 2. ábra szemlélteti. A poligontérkép előállításának főbb lépései a következők:

- Egy találmásra kiválasztott kiindulópont és a hozzá legközelebb eső pont felhasználásával meghúzzuk az első élt.
- Megkeressük azt a pontot, amelyből az imént meghúzott él a legnagyobb szög alatt látszik, és ennek felhasználásával meghúzzuk az ábra szerinti két új élt, megalkotva ezzel az első olyan háromszöget, aminek a belsejében biztosan nincs térképpont.
- Ugyanilyen módon megrajzoljuk az elsőként berajzolt él másik oldalán is az éleket, illetve a megfelelő háromszöget.

- d. Miután a legelső élre több háromszöget rajzolni már nem tudunk, az eljárást a másodiknak megrajzolt éllel, majd a további éllel folytatjuk mindaddig, amíg találunk olyan élt, amire a leírt eljárással újabb háromszöget lehet rajzolni. Így eljárva végül – a szélső pontok kivételével – minden pont körbe lesz véve háromszögekkel.
- e. E háromszögek súlypontjait összekötve minden ponthoz megkapjuk a pontot tartalmazó poligont.
- f. Ábrázoláskor a pont helyett a poligont rajzoljuk meg, és annak teljes területét a pont színére festjük.

2. ábra

Poligontérképek térképpontok alapján történő előállításának elve.

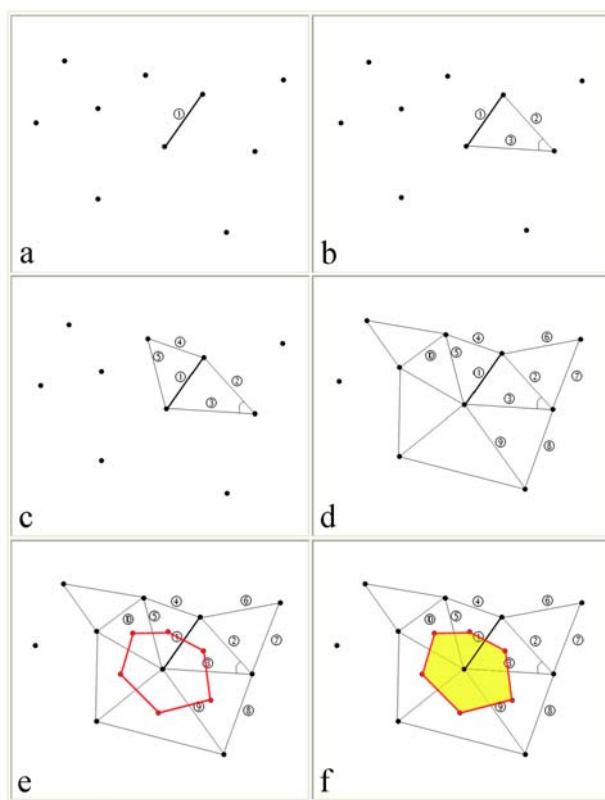


Figure 2. Principle of the creation of polygon-based maps on the basis of point-based maps.

A kidolgozott program felhasználói felülete és fontosabb funkciói

A program felhasználói felületének – **TÉRKÉPEK** című – főoldala (3. ábra) szolgál a rendelkezésre álló poligontérképek beolvasására és megjelenítésére. A program a térképeket – kerettel vagy keret nélkül rajzolt – poligonok sokaságaként, vagy

egyszerűen csak pontonként jeleníti meg a felhasználó választásától függően. A beolvasott térképek kicsinyített formában megjelenítésre kerülnek az oldal alján található sávban. Az aktuálisan szemlélni kívánt térkép, valamint annak megjelenítési módja a kicsinyített térképekre való klikkelés után megjelenő menüben választható meg. A felhasználó többféle megjelenítési mód közül választhat: lehetőség van egy térkép kizárólagos, vagy több térkép egyszerre, egymáson történő megjelenítésére. Több térkép egyszerre történő megjelenítése esetén megválasztható a térképek megjelenítésének sorrendje és egymásra való helyezésük módja. A program kétféle lehetőséget kínál a térképek egymásra helyezésére: az egyik esetben a térképek eltakarják az alattuk lévő térkép megfelelő részeit, a másik esetben a program az alul lévő térkép és a ráhelyezett térkép átlagát² jeleníti meg, ezzel mintegy az átlátszóság érzetét keltve. Lehetőség van arra is, hogy a megjelenítés csak a térkép(ek) egyes színkoordinátáira (R,G,B), vagy azok kombinációira korlátozódjon.

3. ábra.

A program Térképek című oldala, ami elsősorban a poligontérképek és adataik megjelenítésére szolgál.

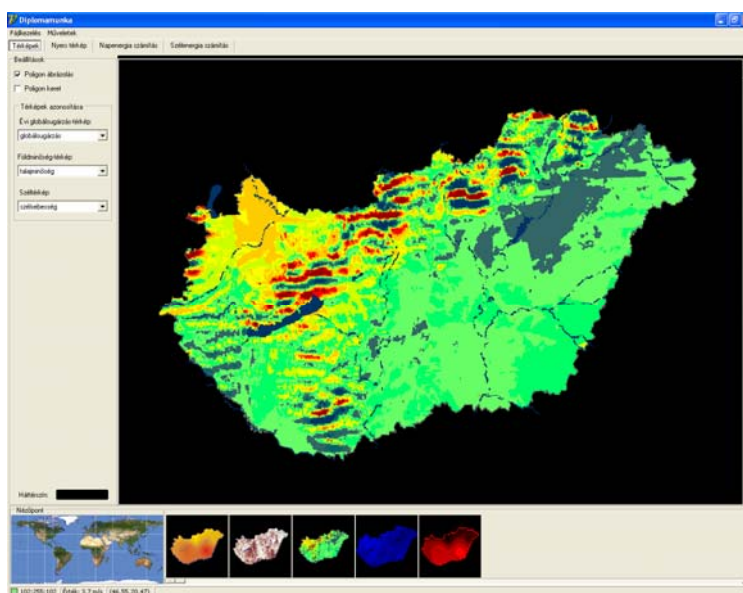


Figure 3: The 'MAPS' page of the program, which serves for the visualization of polygon-based maps and their data.

A jobb oldali görgetősáv segítségével a nézőpont távolságát lehet beállítani (s ezzel a képet nagyítani vagy kicsinyíteni), a bal alsó térkép segítségével pedig a nézőpont irányának földrajzi szélesség és hosszúság koordinátáit lehet módosítani.

² A térképek átlagolása képpontonként történik oly módon, hogy a program az alul lévő és a ráhelyezett képpont színének R, G és B színkoordinátáit külön-külön átlagolja.

A képernyő bal oldalán van lehetőség annak megválasztására, hogy a program melyik beolvasott térképet tekintse globálsugárzás-, földminőség-, illetve szélesség-térképnek a számítások során.

A **MŰVELETEK** menüpont segítségével a megjelenített térkép(ek) bitkép formátumban vágólapra másolható(ak), és ezáltal más programokban is felhasználható(ak).

A programhoz használható poligontérképek a program második (**NYERS TÉRKÉP** című) oldalán állíthatók elő az 1. táblázatban látható formátumú nyers térképekből. A formátumot a szöveges fájl első sorában elhelyezett **FORMAT0** és **FORMAT1** karaktersorozatok azonosítják. Egy térképpontnak mindkét esetben egy sor felel meg: az első esetben valamennyi sor $\theta;\varphi;R;G;B$ szerkezetű, ahol θ és φ rendre a térképpont földrajzi szélesség és földrajzi hosszúság koordinátája fokokban mérve, R, G és B pedig az adott pont színének színkoordinátái. A második esetben a pontokhoz tartozó sorok $\varphi;R;G;B$ szerkezetűek, θ aktuális értékét pedig T betűvel kezdődő sorok határozzák meg az alattuk található sorokra vonatkozóan.

1. táblázat

A program NYERS TÉRKÉP című oldalán poligontérképpé alakítható szöveges adatfájlok (nyers térképek) két lehetséges formátuma

Format0	Format1
48.35;20.4389;44;44;46	T48.35
48.35;21.4521;173;179;184	20.4389;44;44;46
48.35;21.4652;5;5;5	21.4521;173;179;184

Table 1: Formats of files containing the data of point-based maps which can be converted into polygon-based maps on the 'RAW MAPS' page of the program.

A program lehetőséget nyújt a poligontérkép előállítása során elfogadható maximális élhossz és minimális látószög beállítására. Az elkészült poligontérképek alappontjait a program egy IOB kiterjesztésű, az alappontokhoz tartozó poligoncsúcspontokat pedig egy azonos nevű, de IOD kiterjesztésű fájlba menti el.

A felhasználónak lehetősége van arra, hogy a poligontérkép színeihez tetszőleges értéket (globálsugárzás, szélesség stb.) rendeljen hozzá. Az egyes színeknek megfeleltethető értékeket egy az előzőekkel megegyező nevű, de CVT kiterjesztésű szöveges fájlban kell elhelyezni a 2. táblázatban látható formátumban. A program ezt az értéktáblázatot használja fel arra, hogy a különböző földrajzi helyzetű pontok színe alapján megállapítsa a térképen ábrázolt mennyiség adott pontra jellemző értékét. Amennyiben a pont színe egyik értéktáblázatban szereplő színnel sem egyezik meg, úgy a program ahhoz a színhez tartozó értéket fogja választani, mely színhez a pont színe a legközelebb esik.³

A felhasználó egy az előzőekkel azonos nevű, de DIM kiterjesztésű fájl első sorában megadhatja az adott térkép által ábrázolt mennyiség – program által megjelenítendő – mértékegységét is.

³ A program egy R_1 , G_1 és B_1 valamint egy R_2 , G_2 és B_2 színkoordinátájú szín d_{RGB} távolságát a következőképpen számítja ki: $d_{RGB} = |R_1 - R_2| + |G_1 - G_2| + |B_1 - B_2|$.

2. táblázat

A CVT kiterjesztésű fájlban megadható értéktáblázat formátuma.
Minden sor egy szín három (R, G és B) színekoordinátáját és végül az adott színhez társítandó értéket tartalmazza pontosvesszővel elválasztva.

252;234;001;4250
236;199;019;4300
231;198;008;4350
231;189;008;4400

Table 2: Format of the file containing the table of colors and associated parameter values. Each line consists of the R, G and B color coordinates of a color, and a floating point number representing the parameter value associated with that color. The numbers should be separated by semicolon.

A program harmadik (**NAPENERGIA SZÁMÍTÁS** című) oldalán nyílik lehetőség a naperőmű beruházás gazdaságosságának számítására. Ezen az oldalon valamennyi eddig tárgyalt paraméter megadására lehetőség van. A program az oldalon elhelyezett térképen kijelölhető földrajzi helyzetű pontra vonatkozóan mutatja be a számítások eredményeit.

A **SZÁMÍTÁSOK** menüpontban lehetőség van arra, hogy az 1 kWh energia teljes élettartamra vonatkoztatott előállítási árát, valamint a beruházás megtérülési idejét a paraméterek aktuálisan beállított értékei mellett Magyarország teljes területére⁴ vonatkozóan kiszámítsuk, és az eredményeket poligontérkép formájában a **TÉRKÉPEK** című oldalon megjelenítsük. Ebben a menüben van továbbá lehetőségünk arra, hogy az eredményeket valamelyik paraméter függvényében kiszámítsuk, és az így kapott függvényt egy további feldolgozásra alkalmas szöveges fájlba elmentsük.⁵

A program negyedik (**SZÉLENERGIA SZÁMÍTÁS** című) oldalán lehet elvégezni a szélerőmű beruházás gazdaságosságára vonatkozó számításokat. A **SZÁMÍTÁSOK** menü ebben az esetben is ugyanazokat a lehetőségeket nyújtja a felhasználó számára, mint a **NAPENERGIA SZÁMÍTÁS** című oldalon.

A programot a globálsugárzás éves összegének átlagát és a felszín felett 70 méteres magasságban mérhető szélsébség átlagát mutató térképeknek, valamint Magyarország földminőség-térképének felhasználásával alkalmazzuk Magyarország területére. Az általunk használt széltérkép egyetlen színnel jelezte azokat a területeket Magyarországon, ahol a felszín felett 70 m magasságban 5.0 m/s-nál nagyobb a szélsébség nagyságának az átlaga. Ezeket a területeket 5.1 m/s szélsébség átlaggal vettük figyelembe, mely értékválasztással a szélerőművek telepítésének gazdaságosságát a legnagyobb átlagos szélsébséggel bíró területekre vonatkozóan pesszimista módon becsüljük.

A naperőmű beruházás gazdaságosságát Siemens M 50 típusú egykristályos szilícium félvezetőre épülő napelemre vonatkozóan végeztük el. Ennek a napelemnek a

⁴ A program a Magyarország legkisebb és legnagyobb földrajzi szélességű két pontja közötti tartományt 300 egyenlő részre bontja fel, s ugyanezt teszi a hasonló módon kijelölt földrajzi hosszúság tartománnyal is. Az eredmények az így nyert 300×300 db területelemre vonatkozóan kerülnek kiszámításra.

⁵ Az így létrehozott fájlban a kiválasztott paraméter értéke nullától az aktuálisan megadott értékig terjed. Ezt az intervallumot a program a számítások során ezer egyenlő részre osztja fel, és az eredményeket ezen részintervallumok végpontjaiban számítja ki.

névleges teljesítménye 50 W, a felülete 0,4 m², jelenlegi egységára 69900 Ft, az egy napelemre jutó évi üzemelési költség pedig hozzávetőlegesen 15 forint (NBT, 2007). Az energiatároló rendszer kapcsán az SD 12-150 típusú akkumulátor adataival számoltunk. Ennek az akkumulátornak a névleges feszültsége 12 V, töltéstároló kapacitása 150 Ah, jelenlegi egységára 73104 Ft, az éves üzemelési költsége ~2000 Ft, élettartama pedig 7 év. Feltételeztük, hogy a napelemes erőműhöz 200 kWh villamos energia tárolására alkalmas rendszert kell telepíteni. A számítások során feltételeztük továbbá, hogy

- a napelemes erőmű élettartama 30 év,
- a kapcsolódó villamos rendszer hatásfoka 70%,
- a beruházási költség 30%-át vissza nem térítendő támogatásból tudjuk fedezni,
- a beruházás költségéből 45%-ot tesznek ki a napelemek és az akkumulátorok vételárán felüli költségek (járulékos költséghányad),
- a beruházási költségek fedezéséhez a költségek további 30%-át kitevő, 11%-os teljes hiteldíj mutatójú és 15 év futamidejű hitelt veszünk fel 5,6%-os infláció mellett,
- a villamos energiát 42 Ft/kWh áron tudjuk értékesíteni,
- és az erőműtől elvárt teljesítmény 100 MWh/év.

A termőföldkivonásból eredő jövedelemkiesés megbecsléséhez feltételeztük továbbá, hogy 1 t búza megtermelése az adott területen 22500 Ft nyereséget eredményez.

4. ábra.

1 kWh teljes élettartamra vetített előállítási költségének (Ft) függése a földrajzi helyzettől Magyarország területén, a szövegben részletezett naperőmű beruházás feltételezésével

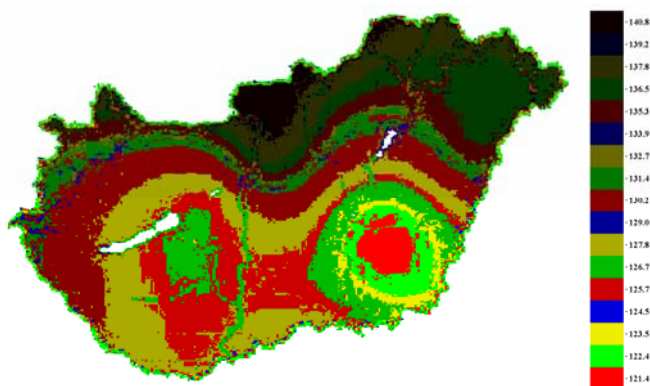


Figure 4. Average production costs (in HUF) of 1 kWh electrical energy considering all the expenditures arisen and all the electrical energy produced during the lifetime of the solar power plant described in the text.

A fenti beruházásra vonatkozóan a 4. ábra mutatja az 1 kWh teljes élettartamra vetített előállítási költségének a földrajzi helyzettől való függését. Látható, hogy ezzel a naperőművel Magyarországon az ország délkeleti részén lehet a leggazdaságosabban villamos energiát termelni, de a villamos energia előállítási költsége még ezen a területen is meghaladja az országos villamosenergia-hálózatból vételezhető energia árát. Az ábra szerint 1 kWh előállítási költsége a tárgyalt naperőmű esetében 121 Ft és 141 Ft között változik.

Az 5. ábra mutatja a naperőmű beruházás megtérülési idejének függését a földrajzi helyzettől. Ebben az esetben is a délkeleti országrészre vonatkozó adatok a legkedvezőbbek, de a legrövidebb megtérülési idő (~ 85 év) is hosszabb, mint a beruházás teljes élettartama, azaz pénzügyi szempontból megtérülésről ebben az esetben nem beszélhetünk.

5. ábra.

A szövegben részletezett naperőmű beruházás megtérülési idejének (év) függése a földrajzi helyzettől Magyarország területén.

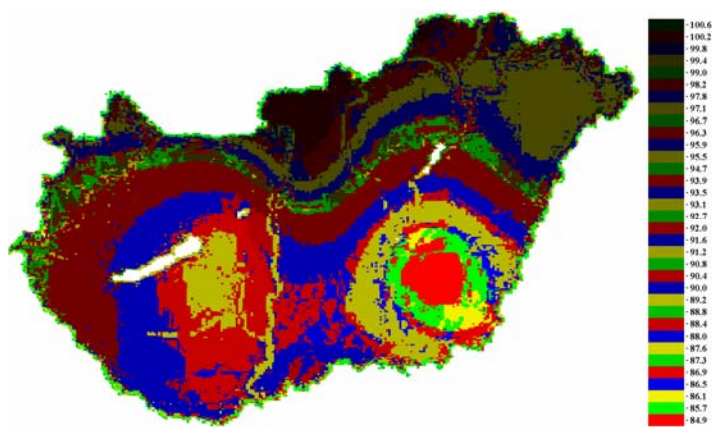


Figure 5: Payback period (in years) of the solar power plant described in the text as a function of geographical location inside Hungary.

A szélerőmű beruházás magyarországi gazdaságosságának vizsgálatához a Nordex N60 típusú szélgépet adatait használtuk fel. E szélgép rotorátmérője 60 m, indulási szélsébsége ~ 3 m/s, leállási szélsébsége 25 m/s, magyarországi viszonyok között a hatásfoka ~ 30%, egységára pedig ~ 250 MFt. E szélgép magassága 46 m-től 85 m-ig terjedhet. A számítások során feltételeztük, hogy

- a szélerőmű élettartama 30 év,
- a szélerőműhöz nem csatlakozik energiatároló rendszer,
- a kapcsolódó villamos rendszer hatásfoka 70%,
- a szélgép magassága 85 m,
- a levegő hőmérséklete 10°C,
- a szélgéppel kapcsolatos éves üzemelési költség a beruházási költség 2%-ával egyenlő,
- a beruházási költség 30%-át vissza nem térítendő támogatásból tudjuk fedezni,
- a beruházás költségéből 30%-ot tesznek ki a szélgép vételárán felüli költségek (járulékos költséghányad),
- a beruházási költségek fedezéséhez a költségek további 30%-át kitevő, 11%-os teljes hiteldíj mutatójú és 15 év futamidejű hitelt veszünk fel 5,6%-os infláció mellett,
- a villamos energiát 23 Ft/kWh áron tudjuk értékesíteni,
- és a szélerőmű egyetlen szélgépből áll.

6. ábra

A tárgyalt szélérőmű beruházás megtérülési idejének (év) függése a földrajzi helyzettől Magyarország területén.



Figure 6: Payback period (in years) of the wind power plant described in the text as a function of geographical location inside Hungary.

7. ábra

1 kWh teljes élettartamra vetített előállítási költségének (Ft) függése a földrajzi helyzettől Magyarország területén, a szövegben részletezett szélérőmű beruházás feltételezésével



Figure 7: Average production costs (in HUF) of 1 kWh electrical energy considering all the expenditures arisen and all the electrical energy produced during the lifetime of the wind power plant described in the text.

A fenti szélerőmű beruházás megtérülési idejének a földrajzi helyzettől való függését mutatja a 6. ábra. Látható, hogy 23 Ft/kWh átvételi ár mellett Magyarországon elsősorban a Dunántúli-középhegység, az Északi-középhegység, valamint a Kisalföld tájegységein találhatók olyan területek, ahol a tárgyalt szélerőmű beruházás az erőmű tervezett élettartamánál rövidebb idő alatt térül meg. A szóban forgó szélerőmű megtérülési ideje a legkedvezőbb esetben hozzávetőlegesen 19,6 év.

A 7. ábra mutatja 1 kWh teljes élettartamra vetített előállítási költségének függését a földrajzi helyzettől Magyarország területén. Legkedvezőbb esetben az előállítási költség 20,8 Ft/kWh.

KÖVETKEZTETÉSEK

Számítógépes programot dolgoztunk ki a naperőmű- és szélerőmű beruházások gazdaságosságának megbecslésére a természeti adottságok, a gazdasági környezet és az alkalmazott technológia paramétereinek függvényében. A program lehetővé teszi gazdaságosság-térképek előállítását és megjelenítését csakúgy, mint annak megállapítását, hogy a gazdaságosság milyen módon függ a gazdasági környezet és a technológia paramétereitől.

A program segítségével – példaként – megvizsgált napelemes erőműre vonatkozó eredmények arra utalnak, hogy a napelemes erőművek telepítése Magyarországon pénzügyi szempontból jelenleg még nem tekinthető megtérülő beruházásnak. A naperőmű beruházások pénzügyi szempontból történő megtérülését a napelemek egységárának csökkenése, hatásfokának növekedése, illetve a napelemes rendszerek telepítéséhez a jelenleginél nagyobb mértékű támogatást nyújtó állami támogatás-rendszer segítheti elő. A napelemes erőművek telepítése az ország délkeleti régióiban a leginkább gazdaságos.

A szélerőművekről a vizsgált példa alapján elmondható, hogy 23 Ft/kWh átvételi ár mellett az országban elsősorban a Kisalföldön, a Dunántúli-középhegységben és az Északi-középhegységben találhatók olyan területek, ahol üzemeltetésük gazdaságos lehet.

IRODALOM

- Dely, L. (2006). Zöldenergia Program. Környezetvédelmi beruházások az önkormányzatoknál szeminárium. Balatonfüred, 2006. máj. 31 – jún. 1.
- Farkas I. (2003). Napenergia a mezőgazdaságban. Mezőgazda Kiadó : Budapest.
- GAE (1997). Agrotopográfiai térkép. Gödöllői Agrártudományi Egyetem, Környezet- és Tájjgazdálkodási Intézet, Térinformatikai Stúdió. MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete
- Giber, J., Gönczi, P., Somosi, L., Szerdahelyi, Gy., Tombor, A., Varga, T., Braun, A., Dobos, G. (2005). A megújuló energiaforrások szerepe az energiaellátásban. Az új magyar energiapolitika tézisei a 2006-2030 évek közötti időszakra. 12. fejezet. Gazdasági és közlekedési minisztérium megbízásából
- MET (2007). <http://www.met.hu>
- NBT (2007). Napelemek Bt., <http://www.napelemek.hu/>
- NEP (2007). Nemzeti Energiatakarékosági Program, <http://www.energiakozpont.hu>
- Patay, I. (2003). A szélenergia hasznosítása. Szaktudás Kiadó Ház : Budapest.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Klencsár Zoltán

Kaposvári Egyetem, Gazdaságtudományi Kar, Matematika és Fizika Tanszék
7401, Kaposvár, Pf. 16.

University of Kaposvár, Faculty of Economic Science

Department of Mathematics and Physics

H-7401, Kaposvár, POB 16.

Tel.: 36-82-505-950

e-mail: z.klencsar@somogy.hu



Lakossági termékvásárlási modellek és viselkedési hitelpontozó kártyák fejlesztése makrogazdasági peremfeltételekkel

Szücs¹ I., Pitlik² L.

¹Szent István Egyetem, Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Gazdálkodás- és Szervezéstudományi Doktori Iskola,
2103 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

²Szent István Egyetem, Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Gazdaságelemzési és Módszertani Intézet,
2103 Gödöllő, Páter Károly u. 1.

ÖSSZEFOGLALÁS

A bankszektor szereplői közti kiélezett versenyben egyre nagyobb jelentőséggel bír a növekedési lehetőségek pontosabb előrejelzése, és az így felismert lehetőségek hatékonyabb kiaknázása. Ennek kapcsán a döntések kockázati tényezőit fel kell tárni és a portfólió átalakulásával beáramló kockázat mértékére becslést kell tenni. Ezeket a célokat szolgálja egyfelől az analitikus CRM tevékenység során előállított termék-affinitási modellek építése, másfelől a hitelpontozó kártyák (score card) kialakítása és végső soron az új bázeli tőkeegyezmény (Basel II) által is elvárt PD, LGD modellek fejlesztése. A lakossági portfólió modellezése során a gyakorlatban leginkább a felügyelt tanulás adatbányászati módszereit alkalmazzák, melynek egyik alaphipotézise, hogy a múltban tapasztalt viselkedési mintázatok jellemzik a jelen ügyfeleinek viselkedését is. Ennek következtében nem vesszük figyelembe az időközben jelentős átalakuláson keresztülment körülményeket, mint a lakosság viszonya a gazdasági környezethez, ill. a hitelfelvételi eljárások egyszerűsödése vagy a hiteltermékek értékesítését szolgáló marketingtevékenység hatása. Az így előállított modellek, a makrogazdasági mutatókból levezethetőtől eltérő becslést adnak a portfólió alakulására (vö. inkonzisztens jövőkép). A tanulmány arra keresi a választ, van-e kapcsolat a lakossági hiteltermékek állományának alakulása, illetve a portfólió minőségének jellemzői és a fogyasztói bizalmi index között. Miként lehet felhasználni a bizalmi indexet a termék-affinitási modellek és a hitelpontozó kártyák fejlesztésében? Továbbá milyen egyéb, a konzisztens modellezést támogató jellemzőket (pl. hasonlóságelemzés) tudunk bevonni a modellezési eljárásba, a mindennapi operatív döntéstámogatás és a stratégiai tervezés (vö. jövőkutatás) támogatása érdekében.

(Kulcsszavak: inkonzisztens jövőkép, adatbányászat, Basel II, CRM, hasonlóság-elemzés)

ABSTRACT

Retail product purchase model and behavioural scorecard development with macro-economical boundary conditions

I. ¹Szücs, L. ²Pitlik

¹Szent István University, GTK, GSZDI, Gödöllő, H-2103 Páter Károly u. 1.

²Szent István University, GTK, GMI, Gödöllő, H-2103 Páter Károly u. 1.

Due to the more and more close competition in bank sector it becomes momentous to predict accurately and to exploit the growing possibilities. The risk of the decisions has

to be revealed and the incoming risk coming with the change of the portfolio have to be predicted. These aims are served by product affinity models on CRM departments and by credit score cards and basel parameters (PD, LGD) on risk departments of a retail bank. In most cases supervised learning techniques are used to model retail portfolio, with the condition that behaviour in the past is similar to the behaviour in the future. In this way the changing of the customers relation to the economic environment, difficulty of borrowing process and the marketing activity of the banks remain out of the scope. A future can be generated from the macroeconomical processes and from the data mining based models can lead to an inconsistent picture. In this work we ask whether there is a relation between the consumer loans outstanding, the consumer loan portfolio quality and the consumer confidence index. How the consumer confidence index can be used in product affinity model and credit score card development? And what other parameters are worth to involve into consistent model development processes to support the daily operative decision making and the strategy planning as well.

(Keywords: inconsistent future, data mining, Basel II, CRM, similarity analysis)

BEVEZETÉS

Az utóbbi években szinte minden bankban CRM (Customer Relationship Management – Ügyfélkapcsolat Menedzsment) és Basel II projektek indultak, s előre láthatólag még hosszú ideig tartanak is fognak. Cikkünk szempontjából ezek lényege, hogy a hosszú idő alatt felhalmozódott adathalmazból döntéstámogatásra alkalmas információt állítsanak elő. CRM projektek esetében az értékes ügyfelek megkeresését és értékük szinten tartását, illetve a kevésbé értékes ügyfelek értéknövelését, míg hitelkockázat-elemzés esetében a bedőlt ügyletek által okozott hitelezési veszteség, illetve a folyamatosan megképzendő céltartalék minimalizálását tűzzük ki célként. A hitelkockázat-mérése nem csak a bank saját belső feladata, erre már az új bázeli tőkeegyezmény (Basel II) is ösztönzi a bankokat (Basel, 2004). A döntéstámogatás alapjául szolgáló előrejelzésektől elvárjuk, hogy együttesen vizsgálva eredményeiket, konzisztens jövőképet állítsanak elő, tehát az egyes modellekből levezethető következtetések ne álljanak ellentétben egymással (Pitlik et al., 2005; Szücs, 2007).

Egyrészt józan megfontolások, másrészt a Basel II iránymutatása alapján (Basel, 2005), az ügyfelek viselkedésének előre jelzéséhez, az ügyfeleket közvetett módon befolyásoló makrogazdasági állapot jellemzésére szolgáló paramétereket lehetséges alkalmazni a modellek függő változói között. A hitelek felvétele, illetve a havi törlesztőrészlet megfizetése azonban nem csak a közvetlenül mérhető gazdasági jellemzőktől függhet. Egy jó kilátásokkal rendelkező gazdaság szereplői felvállalhatnak olyan kötelezettségeket, melyek a várakozásokkal ellentétes fejlődés esetén teljesíthetetlené válnak. Ezen állapotok feltérképezésére kíséreljük meg jelen munkában a Gazdaságkutató Zrt. (GKI, 2007) által publikált lakossági fogyasztói bizalmi index alkalmazását, mely a lakosság gazdasággal szembeni jövőre vonatkozó várakozásait tömöríti egy számba. Továbbá vizsgáltuk, hogy a bankok marketingtevékenységének erősödése hogyan hat az ügyfelek termékvásárlási szokásaira, és ezt hogyan tudjuk felhasználni termékvásárlási modellek készítésénél. Végül célunk egy olyan modell megalkotása, mely a gazdasági környezetből levezethető jövőképpel összhangban álló előrejelzést ad.

A cikkben bemutatjuk, hogy a lakossági fogyasztói bizalmi index megfelelő transzformáltjának alkalmazásával mérhető módon jobb termékaffinitási modell fejleszthető, mely tény megfelel annak a közgazdasági várakozásunknak, miszerint jó

kilátások esetén, a háztartások nagyobb anyagi terhet vállalnak magukra. Továbbá bemutatásra kerül egy hipotetikus marketingtevékenység – idő függvény alkalmazása, mely további magyarázóerővel bír, ezáltal növelve a modell jóságát.

Továbblépésként megjelöltük olyan makrogazdasági változók alkalmazásának vizsgálatát, melyek által reprezentálhatóvá válik az a közgazdasági feltételezés, miszerint a kedvező kilátások hatására felvett hitelek olyan terhet róhatnak vállalatokra, mely a háztartások megélhetési nehézségeinek növekedése esetén a hiteltörlesztés megghiúsulásához vezethet. Mindez azt jelenti, hogy a hitelpontozó kártyák fejlesztésekor a háztartások életminőség-változásának előre jelezhetősége is fontos kérdéssé válik.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálat során a következő mutatókat és a köztük lévő kapcsolatokat vizsgáltuk:

- Fogyasztói bizalmi index
- Lakossági hitelállomány
- Reáljövedelem
- Hipotetikus bank reklámtevékenység
- Hipotetikus hitelfelvételi eljárás bonyolultság
- Termékaffinitási modell
- Lakossági hitelpontozó kártya (score card)

Fogyasztói Bizalmi Index

A Fogyasztói Bizalmi Indexet a Gazdaságkutató Zrt. (GKI, 2007) számítja és publikálja havi bontásban (1. ábra). Értéke a következő típusú kérdésekre adott válaszok alapján kerül meghatározásra:

- háztartások jelenlegi pénzügyi helyzete,
- háztartások pénzügyi helyzetének várt alakulása,
- az ország jelenlegi gazdasági helyzete,
- az ország gazdasági helyzetének várt alakulása,
- nagy értékű, tartós fogyasztási cikkek vásárlása.

Lakossági hitelállomány

A teljes lakossági hitelállomány a rövid és hosszú lejáratú, forint és deviza hiteleket egyaránt tartalmazza (2. ábra).

Reáljövedelem

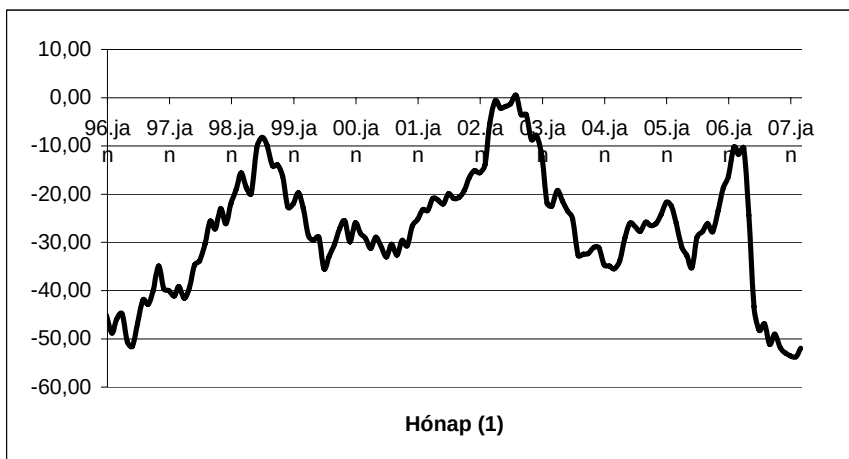
A háztartások reáljövedelmének meghatározása a Magyar Tudományos Akadémia Közgazdaságtudományi Intézete (MTA KTI, 2007) által közzétett háztartások átlag nettó nominális kereslete és az 1990-es bázison számított fogyasztói árindex segítségével történt (3. ábra).

Hipotetikus banki reklámtevékenység

Számos kutatás mutatja, hogy a bankok által folytatott agresszív reklámtevékenység komoly hatással van az ügyfelek bankválasztási, termékvásárlási szokásaira. A vizsgálat során azzal a feltételezéssel éltünk, miszerint a bankok reklámtevékenysége 1996. januárja és 2007. januárja között lineárisan növekvő mértékben hatott befolyásolóan a háztartásokra.

1. ábra

A fogyasztói bizalmi index alakulása 1996. január és 2007. márciusa között.



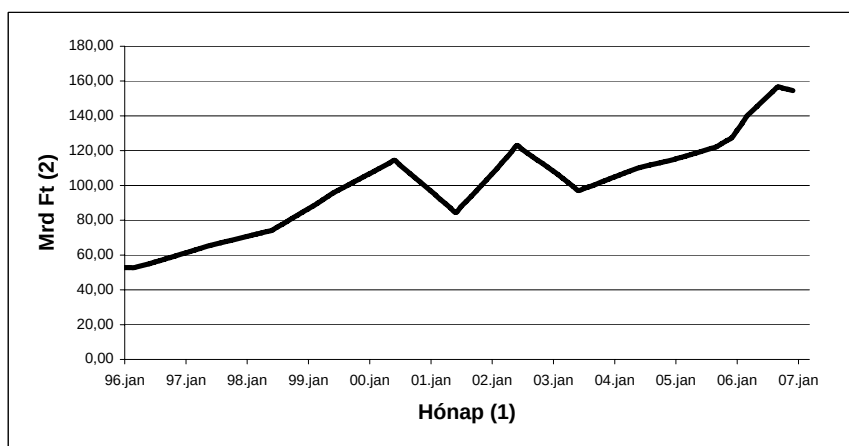
Forrás (Source): GKI Gazdaságkutató Zrt. (GKI Economic Research Co.)

Figure 1: Consumer confidence index between January of 1996 and March of 2007

Months(1)

2 ábra

Lakossági hitelállomány változása 1996. január és 2007. márciusa között.



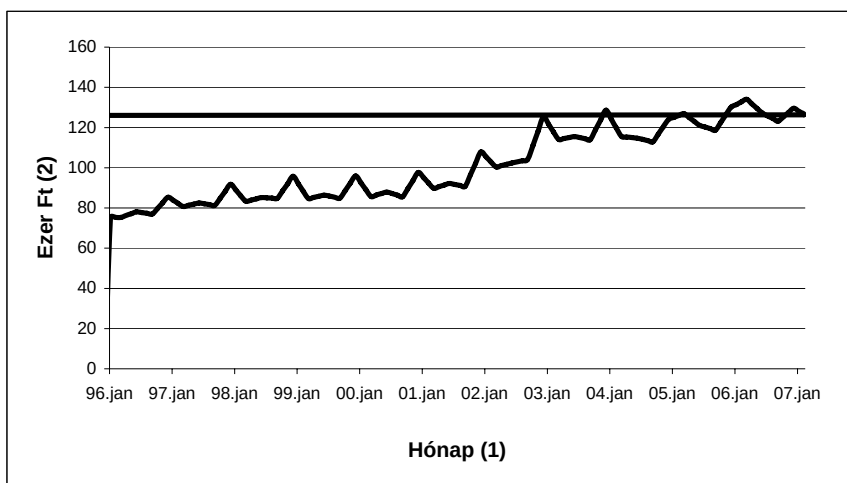
Forrás (Source): Magyar Nemzeti Bank (Hungarian Central Bank)

Figure 2: Consumer loan portfolio between January of 1996 and March of 2007

Months(1), Billion HUF(2)

3. ábra

Háztartások átlag reálkeresete 1996. január és 2007. márciusa között.



Forrás (Source): Magyar Tudományos Akadémia - Közgazdaságtudományi Intézet (Hungarian Academy of Sciences – Institute of Economics)

Figure 3: Households' real income between January of 1996 and March of 2007

Months(1), Thousand HUF(2)

Hipotetikus banki hitelfelvételi eljárás bonyolultság

Köztudott, hogy a bankok többsége jelentős mértékben próbált egyszerűsíteni hitelbírálati folyamatait, és próbálta belső folyamatait úgy átszervezni, hogy minél inkább ügyfélbarát képet mutasson. A cikkben feltételeztük, hogy a hitelfelvételi folyamat 1996. januárja és 2007. januárja között lineárisan csökkenő mértékben egyszerűsödött a háztartások szempontjából.

Termékaffinitási modell

Főként retail üzletágakban tevékenykedő vállalatok által használt döntéstámogatási eszköz, mely minden egyes ügyfélre megmutatja termékenként / szolgáltatásonként, hogy az adott ügyfél mekkora valószínűséggel kívánja megvenni / igénybe venni az adott terméket / szolgáltatást. Egyszerűbb változataiban csak azt mutatja meg, hogy melyik termék / szolgáltatás megvásárlásának / igénybe vételének a legnagyobb a valószínűsége. A modell előállítását általában adatbányászati vagy szakértői módszerekkel történik. Adatbányászati módszerek általában csak nagyszámú ügyfél és elég hosszú idősor esetén alkalmazhatóak. Ezzel szemben a szakértői módszerekkel nem retail üzletágakra is kiterjeszthető a modell.

Hitelpontozó kártya (credit scorecard)

Az ügyfeleket hiteltörlesztésükkel kapcsolatos minősítő kategóriába soroló eljárás. Megfelelő számosságú jó illetve rossz ügyfél és kellően hosszú idősor esetén pontszám

mögött egy valószínűségi változó áll, mely megmutatja, hogy az adott ügyfél mekkora valószínűséggel válik nem-fizető (rossz) ügyféllé, az adott ügylettel kapcsolatban.

A hitelpontozó kártyákon belül megkülönböztetjük az igénylési (application score card) és a viselkedési (behavioural score card) hitelpontozó kártyákat. Az első esetben a modell függő változói között csak a hiteligenylés pillanatában elérhető adatok szerepelnek, míg az utóbbinál a hiteltörlesztés már ismert részletei illetve az ügyfél által birtokolt egyéb termékekkel kapcsolatos változók is szerepelnek.

Modellezés

A termékaffinitás modellezésére alkalmazott mesterséges neurális hálózat paraméterei:

- Multilayer Perceptron
- Aktivációs függvény: tangens hiperbolikus
- Kombinációs függvény: lineáris
- Rejtett rétegek száma: 3
- Leállítási kritérium: „early stopping”
- Tanulási/validációs/tesztelési minta megoszlása: 40%/30%/30% (véletlenszerűen)

A makrogazdasági adatok termékaffinitási modellben való használatának hasznosságát, az általuk módosított termékaffinitási modell és az eredeti modell performanciájának mérésére szolgáló indikátorok összehasonlításával végeztük el (*Sobehart et al.*, 2000, *Engelmann et al.*, 2003):

- Becslés hibája
 - SSE (Sum of Squared Error: - Négyzetes hibák összege) = $\sum_{i=1} (y_i - \hat{y}_i)^2$
 - ASE (Average Squared Error – Átlagos négyzetes hiba) = SSE / N
- Szeparáló-képesség
 - AUR (Area Under Curve – görbe alatti terület)
 - Kolmogorov – Smirnov statisztika
 - ROC (Receiver Operating Characteristic)

A ROC görbe ábrázolása a következőképpen történt (*Sobehart and Keenan*, 2001):

- a vízszintes (FAR - False Alarm Rate) tengelye: a tévesen „rossz” ügyfélnek sorolt ügyfelek aránya az összes „rossz” ügyfélhez viszonyítva, adott becslült valószínűség mellett.

$$FAR(C) = F(C) / N_{ND},$$

ahol $F(C)$ azon „jó” ügyfelek száma, akik tévesen „rossz” ügyfélnek lettek minősítve, N_{ND} a mintában lévő összes „jó” ügyfél száma.

- Függőleges (HR - Hit Rate) tengelye: a helyesen „rossz” ügyfélnek sorolt ügyfelek aránya az összes „rossz” ügyfél számához viszonyítva, adott becslült valószínűség mellett.

$$HR(C) = H(C) / N_D,$$

ahol $H(C)$ az adott C „cutoff” pontnál helyesen „rossz” ügyfélnek minősített ügyfelek száma, N_D a mintában lévő összes „rossz” ügyfél száma.

Amennyiben egy számmal szeretnénk jellemezni a modell szeparáló képességét, úgy a görbe alatti terület (AUR) ennek egy lehetséges megközelítése:

$$AUR = \int HR(FAR) d(FAR)$$

Szeperáló-képességgel nem rendelkező modellek esetén $A=0,5$, míg tökéletes modellekre $A=1$. A gyakorlatban alkalmazott modellek esetén nyilván $0,5$ és 1 közötti értéket vesz, és a vizsgált modell annál jobb, minél közelebb van az A értéke 1 -hez.

A modellezéshez használt szoftverek

- SAS Base 9.1.3
- SAS STAT
- SAS Enterprise Miner 5.2

Felhasznált adatok

A becstült esemény egy adott termék vásárlása volt, olyan lakossági ügyfelek körében, akik már korábban kapcsolatban álltak a bankkal. A modell függő változóiként az ügyfelek adott pillanatban lévő termékbirtoklási és demográfiai, előző 3 havi átlagos termékhasználati jellemzőit használtuk. További függő változóként vontuk be a vizsgálatba az adott hónaphoz képest 3 hónappal korábbi fogyasztói bizalmi indexet és annak az azt megelőző 3 havi átlagos fogyasztói bizalmi indexhez viszonyított arányát, a hipotetikus reklámtevékenység hatását illetve a hitelbírálás folyamatának egyszerűsödését jelző változót. A függő változó jelentése: az ügyfél a becslés pillanatához képest 3 hónapon belül felvette-e az adott terméket.

EREDMÉNY ÉS ÉRTÉKELÉS

A vizsgálat során két modell készült el, melyek közt csak a független változók körében volt különbség. A *modell_1* független változóként tartalmazta a lakossági fogyasztói bizalmi indexet előző pontban leírt transzformáltját, a marketingtevékenység erősségét és a hitel-elbírálási folyamat ügyfélbarátságát. A *modell_1* többi független változóját, melyek a *modell_2* független változóival megegyeznek az *1. táblázat* mutatja.

A modellek fejlesztéséhez használt minta megoszlása jó (felvette az adott terméket) / rossz (nem vette fel az adott terméket) ügyfelek és fejlesztési állományok bontása a *2. táblázatban* található.

A teljes és a részmintákban a jó/rossz arány: $1/2$. A teljes mintát $40\% - 30\% - 30\%$ arányban osztottuk tréning – validációs – teszt állományokra.

A mesterséges neurális hálók összehasonlítása:

A *3. táblázat* alapján elmondható, hogy a *modell_1* minden mérőszám szerint jobbnak bizonyult, mint a *modell_2*. Az átlagos négyzetes hiba a *modell_1* esetén $0,15039$, míg a *modell_2*-nél $0,15933$, ami azt jelzi, hogy a lakossági fogyasztói bizalmi index és a hipotetikus reklámtevékenységet mérő függvény bevezetése következtében csökkent a modell becslési hibája. A táblázatban látható ROC index és az *4. ábrán* látható ROC görbék alapján elmondható, hogy a *modell_1* szeperáló-képessége szintén jobb, mint a *modell_2* esetében. A Kolmogorov-Smirnov statisztika a makroadatokkal bővített modell esetében $0,47836$ -ról $0,53327$ -re nőtt, ami szintén a modell szeperáló-képességének javulását jelzi.

1. táblázat

A modellezéshez használt változók listája

Változó (1)	Típus (2)	Státusz (3)	Dimenzió (4)	Minimális érték (5)	Maximális érték (6)
Ügyfél azonosító	id	1,2	azonosító		
Ügyfél besorolás	nominális	1,2	kategória		
Ügyfél kora	folytonos	1,2	év	24	75
Ügyfél jövedelme	folytonos	1,2	HUF	0	1 500 000
Kártyával végzett tranzakciók összege	folytonos	1,2	HUF	0	3 000 000
Bankfiókban végzett készpénzes forgalom	folytonos	1,2	HUF	0	30 000 000
Számlára érkező terhelések	folytonos	1,2	HUF	0	100 000 000
Számlára érkező jóváírások	folytonos	1,2	HUF	0	200 000 000
Ügyfélkapcsolati idő	folytonos	1,2	hónap	0	70
Ügyfél VIP jelző	ordinális	1,2	kategória	0	5
Jövedelmezőség	folytonos	1,2	HUF	-500 000	5 000 000
Hány terméktípussal rendelkezik az ügyfél	folytonos	1,2	darabszám	0	9
Hitelállomány	folytonos	1,2	HUF	0	40 000 000
Betétállomány	folytonos	1,2	HUF	0	50 000 000
Jelzáloghitel állomány	folytonos	1,2	HUF	0	50 000 000
Személyi kölcsön állomány	folytonos	1,2	HUF	0	5 000 000
Hitelkártya állomány	folytonos	1,2	HUF	0	1 000 000
Lekötött betét állomány	folytonos	1,2	HUF	0	50 000 000
Folyószámlahitel állomány	folytonos	1,2	HUF	0	5 000 000
Számlaegyenleg	folytonos	1,2	HUF	0	100 000 000
Értékpapír számla állomány	folytonos	1,2	HUF	0	5 000 000
Hitelkártya típusa	nominális	1,2	kategória	A	E
Számlaegyenleg lefogyási mutató	folytonos	1,2	%	0	1
Legnagyobb hitelkeret kihasználtság	folytonos	1,2	HUF	0	1 000 000
Hitelkártyával végzett tranzakciók száma	folytonos	1,2	darabszám	0	50
Lakossági fogyasztói bizalmi index 3	folytonos	1	index	-51,5	0,5
Lakossági fogyasztói bizalmi index arány	folytonos	1	arány	-1,29	3,04
Marketingtevékenység	folytonos	1		1	131
Hitelebírálás	folytonos	1		131	66

Table 1: Variable list for modeling

Variable(1), Type(2), Status(3), Dimension(4), Minimum value(5), Maximum value(6)

2. táblázat**A modellezéshez használt állomány megbontása**

Állomány (1)	Rossz ügyfél (2)	Jó ügyfél (3)	TOTAL
Tréning (4)	64 598	31 818	96 416
Validációs (5)	48 449	23 863	72 312
Teszt (6)	48 451	23 863	72 314
TOTAL	161 498	79 544	241 042

Table 2: Partitions of the modelling data set

Dataset(1), Number of bad customers(2), Number of good customers(3), Total number of customers(4)

3. táblázat**A modellek összehasonlítása különböző mérőszámok alapján**

Paraméter (1)	Mesterséges neurális hálózat (2)	
	Modell 1	Modell 2
ASE	0,15039	0,15933
ROC index	0,83866	0,80689
Kolmogorov-Smirnov Statistic	0,53327	0,47863

Table 3: Model comparison based on different performance metrics

Parameter(1), Artificial neural network(2)

KÖVETKEZTETÉSEK

A cikkben bemutatásra került a szubjektív makrogazdasági változók használatának lehetősége a termékvásárlási modellek fejlesztésében. A modellek performanciájának vizsgálata alapján elmondható, hogy ezen szubjektív jellegű adatok használata javítja a modellek előrejelző képességét. Segítségükkel a modellek realisabban kezelik a változó makrogazdasági körülmények hatásait. A marketingtevékenység ügyfelekre gyakorolt hatásának figyelembe vétele szintén javította a modellek szeparáló-képességét. Ez által a makrogazdasági folyamatok elemzéséből levezethető lakossági hitelállomány változás és a bankok belső adatbányászati modellezéséből számítható hitelportfólió változás közti inkonzisztencia mértéke csökkenthető.

Az eredmények analóg módon értelmezhetők hitelpontozó kártyák fejlesztésének esetére. Tovább lépésként a hitelpontozó kártyák és termékvásárlási modellek fejlesztésében alkalmazható további gazdasági környezetet leíró változók feltárása és alkalmazási feltételeinek vizsgálatát folytatjuk. Célunk ez által leírni azt a gazdasági környezetet, mely az ügyfél banki termékeivel kapcsolatos viselkedését befolyásolja. Az ezen elvek mentén folytatott termékaffinitási modellezés és hitelpontozó kártya fejlesztés biztosítja a makrogazdasági előrejelzések és a belső adatbányászati modellek eredményeinek közös jövőképként való megjelenését (Pitlik, 2006)

4. ábra

Fejlesztési állományonkénti ROC görbék.

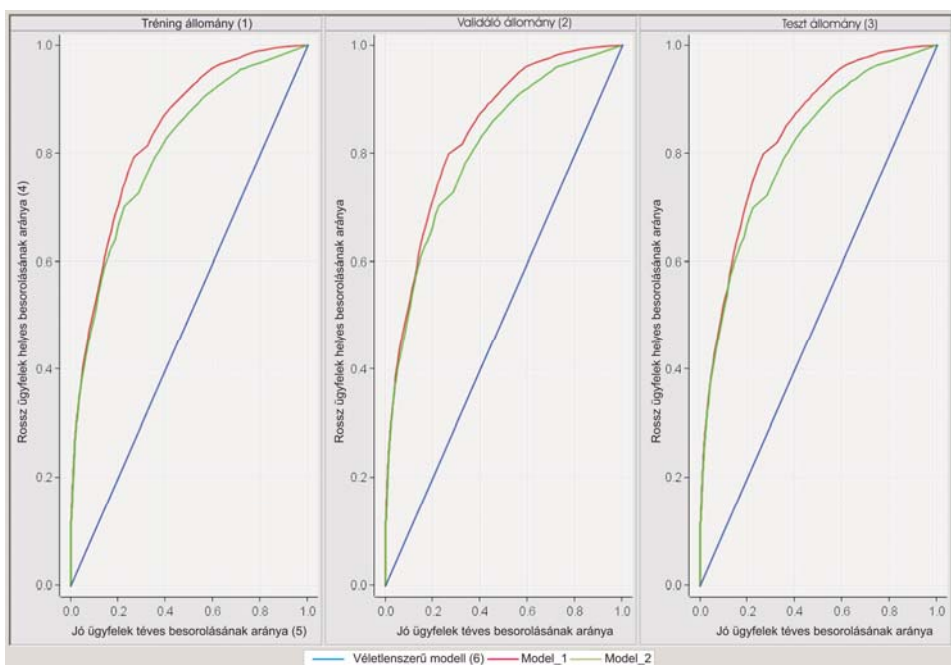


Figure 4: ROC curves for development partitions

Training data set(1), Validation data set(2), Test data set(3), Number of customers who did not used the offered product in 3 months time after the campaign(4), Number of customers who used the offered product in 3 months time after the campaign(5,) Randomly working model without classification capability(6)

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnék köszönetet mondani a SAS Institute Kft.-nek, amiért rendelkezésre bocsátották szoftvereiket, kutatási munkám támogatása érdekében.
(OTKA T049013)

IRODALOM

Basel Comittee on Banking Supervision (2004). Basel II: International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards: a Revised Framework.
Basel Comittee on Banking Supervision (2005). Studies on Validation of Internal Rating Systems.
Engelmann B., Hayden E., Tasche D. (2003). Testing rating accuracy. www.risk.net
GKI (2007). Változatlan várakozások. <http://www.gki.hu/index.php?id=33&lang=hu>

- Sobehart J., Keenan S., Stein R. (2000). Validation methodologies for default risk models. *Credit*, pages 51-56
- MTA KTI (2007) http://econ.core.hu/doc/ktidb/ksh_ma/tart_magy_web.html
- Pitlik L. (2006). Objektivitás és automatizáció a jövőkutatásban. OTKA T049013
- Pitlik L., Pető L., Pásztor M., Popovics A., Bunkóczi L., Szücs I. (2005). Consistency controlled future generating models. EFITA, Vila Real, Portugal.
http://miau.gau.hu/miau/81/efitawcca2005_kjm_en.pdf
- Sobehart J., Keenan S. (2001). Measuring default accurately, *Risk*, S31-S33, 2001. marc.
- Szücs I. (2007). Data mining based model aggregation. *Gazdálkodás* 19. külökiadás, 51. 219-227.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Szücs Imre

Szent István Egyetem, Gazdálkodás- és Szervezéstudományi Doktori Iskola
2103 Gödöllő, Páter Károly u. 1.
Szent István University, GTK, GSZDI,
H-2103 Gödöllő, Páter Károly u. 1.
Tel.: 36-70-311-9770
e-mail: icsusz@gmail.com



Intelligens mobil eszközzel támogatott üzleti megoldások az értékesítés szolgálatában

Réz T.

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar,
Információ- és Tudásmenedzsment Tanszék, 1111 Budapest, Sztoczek u. 2. St. ép. I/117.

ÖSSZEFOGLALÁS

A mobil informatika üzleti felhasználása a két iparág robbanásszerű fejlődésével meghatározóvá válik az objektív input adatokat igénylő, modern döntés előkészítésben, döntéshozatalban, végrehajtásban is. Jelen dolgozat az értékesítés során alkalmazható mobil- és kapcsolódó megoldásokkal foglalkozik, bemutatva az alkalmazásuk során keletkező üzleti előnyöket. Egy mobil eszközzel támogatott értékesítési, üzletkötői rendszer esetén mind az adatok rögzítése (területi képviselő), mind pedig a kiértékelés (vezető) történhet mobil eszközön, megfelelő szoftver-rendszer alkalmazásával. Ez az üzleti folyamat több pontjára is rendkívül jelentős hatással van: az aktuális adatok alapján (pl. raktárkészlet, ár) ajánlhatja termékét az eladó, illetve követheti nyomon a vezető az alkalmazottak munkavégzését, miközben a szállítási idő lényegesen lerövidül a rendelések folyamatos beérkezésének köszönhetően.
(Kulcsszavak: PDA megoldás, mobil üzleti megoldás, kéziszámitógép, PDA, értékesítés)

ABSTRACT

Business solutions supported by smart mobile tools in the service of sale

T. Réz

Budapest University of Technology and Economics, Faculty of Economic and Social Sciences, Department of Information and Knowledge Management

The business application of mobile informatics becomes dominant by the explosive growth of the two related industries in the preparation of modern decision making and implementation where the quality input data are required. This paper deals with the possible mobile sales and related solutions, introducing business benefits in course of implementation. The sales process supported by mobile device based sales representative system (sales force automation), the recording of the data (sales representative) and even the evaluation (leader) can be done by using a mobile device and applying the appropriate software system. This can be exceptionally important for different milestones of the business process, e.g. the sales representative can offer the product using up-to-date information regarding the inventory, price; the leader can follow the employee's work, as the delivery time can be radically reduced thanks to the continuous incoming orders.

(Keywords: PDA solution, mobile business solution, handheld, PDA, sales)

BEVEZETÉS

A mobil értékesítést támogató rendszerek (SFA: Sales Force Automation) piacának fellendülése annak köszönhető, hogy emelkedett az alkalmazások fejlettségi színvonala,

csökkent a mobil hardvereszközök ára, kialakultak a központi rendszerekkel való – a korábbinál sokszínűbb és megbízhatóbb – adatkommunikációs lehetőségek, és a versenyhelyzetnek köszönhetően az alkalmazó vállalatoknál megnőtt az igény ezek használatára. (Fekete, 2006)

A mobil munkatársak helyszíni munkáját offline vagy online módon, vevő, termék, konkurencia stb. információkkal támogató, köztük és a központ közt automatikus információcserét biztosító, így az adminisztrációs időt minden szinten csökkentő rendszerekre ma már egyre több vezető, mint cége jövőbeli fejlődéséhez elengedhetetlen megoldásként tekint. Ugyanis az SFA megoldás bevezetésekor az üzletkötők munkájának követhetőségén túl, a korábban papíron késve és pontatlanul érkező – például rendelés-, számlaállítás – információkkal szemben a valódi állapotot tükröző riportok állnak rendelkezésre döntéseikhez. Alkalmazásukkal megszűnnek az egyéneknél lévő adatmonopóliumok, és az átláthatóbb folyamatoknak köszönhetően a cégek alacsonyabb költséggel működtethetők. A rendszerhasználaton túlmutató előnyök közül a profi értékesítést elősegítő vevőközpontúság kialakulásához nyújtott segítséget, ezen felül még a teljesítések megbízhatóságát és a gyors reakcióképességet érdemes kiemelni. (Kiss, 2007).

Működésük mobil klienseken alapszik, a rendszerek között kliens-szerver oldal közötti funkciómegosztásban azonban lehetnek eltérések. A mobil kliensek képességeit erőteljes szerveroldali funkcionalitással kiegészítő változatokkal szemben állnak a kézeszköz alapúak, amelyek funkcionalitásukban szinte a szerverével veteksznek.

Jelen cikk célja az intelligens mobil eszközökkel támogatott megoldások üzleti előnyeinek összegyűjtése, bemutatása.

ÜZLETI ELŐNYÖK

Az okostelefonok, PDA-k (Personal Digital Assistant) és a hozzájuk kapcsolt megoldások olyan üzleti eszközökké válnak, melyek előnyhöz juttathatják az azokat alkalmazó munkatársakat, partnereket és a minőségi különbségen keresztül az ügyfeleket is az automatizált, akár online, bárholnan hozzáférhető folyamatok alkalmazásával.

Egy hagyományos kereskedelmi vállalat életbemaradásának feltétele, hogy termékét jól el tudja adni. Az eladáshoz üzletkötőkre van szükség, akik a terméket ismerik, terjesztik, eladják (esetleg ki is szállítják) és ápolják a vevőkapcsolatokat. Ezeknek a feladatoknak egy részét a vállalat kihelyezheti, kiszervezheti (outsourcing) tevékenységei közül, de lehet, hogy egy üzletkötőnek mindet tudnia kell egyszerre. Az alábbiakban soroltam fel a jelentkező előnyök egyik dimenzióját.

Költségcsökkentés: új munkatárs gyors betanulási lehetősége: a tudás a kezébe kerül, „csak” a szoftver-rendszert kell megtanulnia használni és máris végezheti a munkáját. Ezáltal egyrészt az új munkatárs előbb állhat munkába, másrészt az őt betanítót sem foglalja le annyi ideig. Alacsonyabban kvalifikált munkatársak is alkalmazhatók (szoftverhasználat szükséges).

Hatékonyaság növelése: az ellenőrzésnek köszönhetően hatékonyabb munkavégzés. A folyamatosan beérkező adatok folyamatosan feldolgozhatók, ezáltal a raktározás, kiszállítás optimalizálható, nincsenek csúcsidők. Pontos adminisztráció a papíralapú megoldások elhagyásával; vezetői döntéselőkészítés.

Vásárlói elégedettség: gyors és pontos reagálás a vevői igényekre, akár azonnali visszajelzéssel. Vevői igény felmerülése esetén akár online megrendelés, árufoglalás. Személyre szabott termékek és szolgáltatások, árak ajánlhatók.

Felhasználói kör bővítése esetén az egységköltség alacsony: meglévő alkalmazások új felhasználói csoportokra kiterjesztése. Új felhasználó esetén csupán informatikai bővítésre lehet szükség, korlátlan mennyiségben.

Gyorsabb válaszidő: percrekész információ kínálható (ügyfélnek, munkatársnak). Gyors, rugalmas döntéshozatal, szükség esetén beavatkozási lehetőség. További értékesítési technikák alkalmazása (cross-selling, up-selling). Automatikus kiértékelés ügyfeleknek az akciókról (akár személyre szabottan), saját munkatársaknak (raktárkészlet, stb.)

Információ minőségének javulása: automatikus adat-folyamatnak köszönhetően a hibák minimalizálhatók. Átláthatóbb, jobban kezelhető feladatok felhasználóbarát mobil alkalmazások segítségével. Minden munkatárs aktuális információval rendelkezik.

Üzletkötők ellenőrzése

Az üzletkötő egy élő ember. Jó és rossz tulajdonságokkal rendelkezik. A vállalat vezetőségének konkrét elvárásai vannak, amiért cserébe az üzletkötő pénzt és egyéb juttatásokat kap. Ahhoz, hogy kiderüljön, tényleg elvégezte a dolgát, ellenőrizni kell. A vállalat kultúrájától és felépítésétől és a vezetőktől függ, hogy a kontroll melyik módját használja. *Child* (1984) tézise alapján négy letisztult forma van, amik a valóságban keverednek egymással.

Személyes, központosított kontroll

Közvetlen, centralizált, szinte folyamatos felügyelet. A vezető autoritása tulajdonosi jogon, erős karizmán vagy szakmai hozzáértésen alapul. Ez nagyobb vállalatoknál nem tud megvalósulni, ugyanakkor kis cégeknél remekül működhet. Az üzletkötőkre nagy hatással lehet főnökük közvetlen figyelme, de ez rengeteg energiát emészt fel a vezetőtől, aminek következménye az lehet, hogy a vezetőnek nincs ideje más, nem operatív dolgokkal foglalkozni. (*Acsay*, 2004)

A PDA alapú rendszer a személyes kontrollt központosított kontrollá változtatja. Eredménye általában az, hogy ugyan közvetett módon, de sokkal jobban ellenőrizhetőbbé válik a dolgozó.

Bürokratikus kontroll

Írásban rögzített magatartási sztenderdeken alapul, melyek részletekig le vannak szabályozva. Minden feladat könnyen résztvevénységekre bomlik, melyeket módszerek, eljárások és szabályok rögzítenek. A technológia bekorlátozza a feladat végrehajtását időben és térben egyaránt. Jó teljesítményt a szabályok és eljárások betartása jelenti, a jutalmak és a büntetések az ezekhez való engedelmességet igyekszik biztosítani. A munkaköri leírás az elvégzendő feladatokra és betartandó szabályokra koncentrál.

A PDA alapú rendszer ezt a kontroll-formát tökéletesen támogatni tudja. A rendszert úgy is meg lehet tervezni, hogy az üzletkötő szabadságát teljesen megfojtja, és egy ideális üzletkötő magatartását alapnak véve szabályozzuk tevékenységüket. Ettől azonban mindenkit óva intenek. Aki több éve üzletkötő, valószínűleg ismeri a terepet ahol dolgozik, ismeri a vevőit, és már kialakult munkagyakorlata van, amit maga számára hosszú idő alatt fejlesztette ki, folyamatosan tökéletesítve azt a maga tulajdonságaihoz igazítva. Ezt a fajta tudást tacit, azaz hallgatólagos tudásnak hívják, mely könyvekből nem tanulható. Ha ezt a meglévő munkamódszert figyelmen kívül hagyva, teljesen elnyomva bevezetünk egy új rendszert, akkor nagy ellenállásba fogunk ütközni, ami a rendszert meg is bukthathatja. Mindenképpen érdemes ezért annyi szabadságot, mozgásteret hagynunk, hogy mindenki ki tudja használni saját előnyeit. Gondolok itt arra, hogy valaki nem akar találkozni minden héten egy vevővel, ezért havonta egyszer személyesen találkozik vele, de utána olyan jó kapcsolatban vannak, hogy telefonon elég kommunikálniuk.

A PDA-k ma már olyan szintű nyomon követést tesznek lehetővé, melyekre eddig nem volt lehetőség. Nem túl nagy összegért kiegészíthetjük a PDA-t egy GPS modullal, sőt megjelentek olyan PDA-k is, amelyekbe ez már be is van építve.

Az ilyen PDA-kkal már azt is nyomon követhetjük, merre jár az üzletkötő, valóban a munkáját végzi-e.

Eredmény kontroll

Az előbbi két módszerhez képest az outputot, a végeredményt veszi mérési alapul. Az üzletkötő a kimenetért tartozik felelősséggel. A jutalmak és büntetések a végeredményre vonatkozó célkitűzések meghatározott határidőn belüli teljesítésére vonatkoznak.

Az üzletkötők számára ez a legkedvezőbb. Csinálják úgy a munkájukat, ahogy akarják. A PDA alapú rendszer azonban itt is segíthet a kontrollban. Ha ugyanis nem várjuk el, hogy a munka menete dokumentálva legyen, akkor rossz teljesítmény esetén nem tudjuk megtalálni hiba okát sem (kevés napi látogatás, rossz portfólió a vevőknél stb.).

Kulturális kontroll

Lényege a szervezet céljaival való azonosulás, a közösen vallott értékrendek és attitűdök által a magatartás automatikus összehangolódása. Ez döntéshozatali szempontból jelentős autonómiát jelent. A jutalmak és büntetések a kompetenciák és készségek állandó fejlesztésére ösztönöznek (*Bilik, 2005*).

A PDA alapú rendszer ebben a helyzetben nem alkalmazható kontrolling funkcióval, hiszen nem a mérhető adatokon van a hangsúly. A rendszer felhasználása ilyen helyzetekben a dokumentálásra, nyomon követésre szolgálhat.

Minőség javítása

Ma már a termék minősége alatt nem csak a termék, mint szolgáltatás vagy fizikai megvalósulás minőségét értjük, hanem a hozzá kapcsolódó szolgáltatásokat is. Ha veszek egy új autót, akkor fontos, hogy kellő információ birtokában legyek, kell, hogy legyen a környéken márkakereskedő, rendelkezésre kell, hogy álljon számomra megfelelő finanszírozási feltétel, majd később szervízhálózat, vagyis sokkal többet veszek, mint csupán egy autót.

Az üzletkötő része a termék mellé járó szolgáltatásnak. Hangsúlyozottan érvényes ez azokra a kapcsolatokra, ahol hosszú távú kapcsolatok jönnek létre, márpedig a vállalatok közti kapcsolatok legnagyobb része ilyen a beszállítói láncokban. Ha az üzletkötő mondjuk udvariatlan vagy nem tartja be amit ígért, az termék minőségére is hatással van. Ezért fontos, hogy az üzletkötő kielégítse a vevők igényeit és ehhez nyújt segítséget a PDA alapú rendszer. A rendszeren keresztül a vezetőség létre tud hozni bizonyos elvárásokat, amelyeket lefordítva a gyakorlatra, az üzletkötőkön az ellenőrző funkción keresztül érvényesíteni tud. Például ha a felmerült igény az, hogy minden üzletben találja meg a végső felhasználó a kedvenc rágógumiját, akkor a forgalmazó cég üzletkötőinek az a feladatuk, hogy ezt megvalósítsák, és erről számot adjanak a polcon található termékek listáján keresztül.

A felsővezetői döntéshozatal segítése statisztikai adatokkal

Az adatok önmagukban nem érnek sokat. Információt kell kovácsolni belőlük. Vannak olyan számok, trendek, amik hasonlóan a mikro- és makro-ökonómiához, csak a felsővezetői statisztikákban értelmezhető, az üzletkötők megítélésében mást jelentenek.

Példával illusztrálva: a D. Sörgyár ZRt. forgalmazza a D. és a T. márkákat is. A sörgyár többet keres egy hordó T.-n, mint a D.-n. Az üzletkötők feladata, hogy minél több sört adjanak el. Az üzletkötők rájönnek, hogy ahol már van T., oda könnyen be tudják rakni mellé a D.-t is. Így nagyobb mennyiséget adnak el. A vállalat azt veszi észre, hogy habár több sört ad el, profitja mégsem növekszik, ugyanis a D. olcsóbb ára miatt leszorítja a T. eladási volumenét. Ha megfelelő statisztikák állnak rendelkezésére a felső vezetésnek, akkor ezeket ki tudja szűrni. Ha nem, lehet hogy csak azt veszi észre, hogy a T. eladása csökken, de nem tudja miért, ezért marketingre próbál többet költeni, ami nem hozza meg a várt eredményt.

Összekötés az értékesítéssel

Az üzletkötő feladatai közé tartozhat a rendelés felvétele, kiszállítása és számlázása is. Minden egyes ilyen funkció komoly követelményeket tűz ki, főleg a számlaadás, melyet a törvény is szabályoz. Magas fokú integráltság szükséges ahhoz, hogy ezeket egy rendszerbe össze lehessen gyűjteni. Egyik legnehezebb feladat, amelyben az előnye is rejlik, hogy egy adatbázis szükséges hozzá. Ha már két vagy több adatbázis van (pl. külön az üzletkötőnek, külön a központi számlázóknak), akkor a problémák nem látható sora jelentkezik.

A különböző rendszereknek nem kell feltétlenül egy fejlesztőcsoportból kikerülniük, hanem a kulcskérdés az, hogy sikerül-e megfelelő interface-eket kialakítani a különböző modulok számára, amin egymással kommunikálni tudnak. Ezekhez pontosan meg kell határozni a hozzáférési szinteket és több belső szabványt kell kialakítani (Mik azok az információk, amit egy vevőről feltétlenül meg kell adni, hogy a rendszerbe kerülhessen? Az információkból mit láthat az üzletkötő és mit a számlázási osztály?).

A sikeres integráció következő előnyökkel járhat:

- A rendszerek ellenőrizhetik egymás adatait. Az üzletkötők felmérik, mennyi reklámanyagot látnak a piacon, míg a raktár megmondja, mennyinek kellene kint lennie.
- Gyorsabb, rugalmasabb árukiszállítás. Ha a rendszer online működik és a kiszállítást összeállító rendszerrel kapcsolatban van, akkor egy területen elegendő megrendelt áru esetén már aznap megtörténhet a kiszállítás.
- Rendelésfelvétel valós raktárkép alapján. Ha az üzletkötői rendszer egy online, integrált raktár és értékesítő rendszerhez is kapcsolódik, azok segítségével úgy tudja eladni a raktáron levő készletet, hogy biztosan tudja, arra van árufedezet. Ellenkező esetben megpróbálhatja rábeszélni másra a vevőt, vagy későbbi kiszállítást ígérhet, így megbízhatóbb partnerré válik.
- Ha több rendszert jól összekötünk, akkor kevesebb kiszolgáló-személyzetet igényel fenntartása is, így költséget csökkenthetünk.

Adatgyűjtés a konkurenciáról

Azokon a piacokon, ahol a versenytársak hatással vannak egymásra- tehát nem tökéletes a verseny-, a vállalat döntéseit befolyásolja a konkurencia. A konkurenciáról rengeteg adat áll rendelkezésre, csak annak összegyűjtése komoly erőfeszítésbe kerül. Ha azonban szisztematikusan tesszük ezt monitoring jelleggel és nem ad-hoc módon nulláról indulva, akkor ennek költségei csökkenthetők. A PDA alapú üzletkötői rendszer képes arra, hogy összegyűjtse, és bármikor felhasználhatóvá tegye (jól strukturált tárolása révén) a piacon megjelenő konkurencia bizonyos adatait. Ezekből az adatokból tudunk már következtetni olyan dolgokra, amelyek számokkal alátámasztott érvek segítségével befolyásolhatják a vezetők döntéseit.

Üzletkötő munkájának segítése

Az üzletkötőknek ha nem lenne külső, főnökeiktől számonkért kényszere, hogy dokumentáljanak, valószínűleg akkor is megtennék. Hogy miért? Mert segíti őket a munkájukban. Nagy számú vevők esetén az információkat fejben tartani igen nehéz és ha valaki kis cetlikre írogat, akkor egy idő után nem fér be a kocsiba a sok cetlitől. A strukturált adattárolás tehát segíti az üzletkötők munkáját, több formában is.

- Ha a vevő adatai rendelkezésre állnak (szerződés, előző látogatás, stb.), az üzletkötő magabiztosabban, könnyebben dolgozik.
- Ha az információk gyorsabban rendelkezésre állnak, akkor több terméket tud eladni, vagy kevesebb idő alatt el tudja végezni ugyanazt a feladatot.
- Ha strukturált információ támogatja az üzletkötőt, akkor hatékonyabban tud dolgozni (például túraterv készítés).
- A PDA rendszer alapja a PDA. A PDA eredeti célja pedig az azt használó személy segítése, az üzletkötői speciális szoftver nélkül is! A benne levő funkciók, mint naptár, ébresztő, jegyzetfüzet, teendők mind könnyebbé teszik a hétköznapi életet, ha valaki él velük.
- A PDA elfér a tenyérben, úgy is, hogy az összes szükséges adat közben elérhető, ezért is kényelmesebb.
- A PDA-n tárolt adatok naponta frissülnek, tehát (megfelelően kidolgozott vállalati folyamatok esetén) a változásokról hamarabb értesül az üzletkötő.
- A napi jelentések gyorsabban elkészülnek, könnyebben eljutnak a központba.
- Az üzletkötő a statisztikák egy részét megkaphatja magáról és társairól. Ha össze tudja hasonlítani magát társaival, akkor könnyebben tudja önmaga hibáit és erősségeit azonosítani, ami segítséget nyújt a fejlődéshez.

További lehetőségek

Minden rendszernek magában kell hordoznia a továbbfejleszthetőség feltételét, különben egy idő után elévült lesz. A legdrágább befektetés egy új infrastruktúrára alapuló, új módszereket használó rendszer bevezetése. Az embereket ilyenkor újra kell tanítani a vállalat minden szintjén, új eszközöket kell beszerezni, a vállalat statisztikai adatai megváltoznak a más számítási módszerek miatt, így nem lesznek összehasonlíthatóak, és még sok egyéb probléma merül fel, amire nem is lehet előre felkészülni. A cél tehát az, hogy a változások mindig kicsik legyenek, könnyen befogadhatóak. Ha valaki bevezet egy PDA alapú rendszert, akkor számíthatnia kell a változásokra. A PDA elévül, az infrastruktúra elévül (elterjed az UMTS, megszűnik a GSM), a piac megváltozik (új vevő lépnek be), a vállalat szerkezete megváltozik, bizonyos funkciókat ki- és beszerveznek a vállalaton belül. Ez a világ rendje, ennek nem szabad ellenállni, ezekre fel kell készülni. Ha a rendszer nem tartalmaz minden felsorolt helyzetre továbblépési lehetőséget, akkor rosszul van megtervezve, így lehet, hogy 5 év múlva megint teljes rendszercserét kell végrehajtani. Cél itt is a hosszútávú gondolkodás, mert aki azt nézi, hogy rövid távon mi olcsóbb, az később elveszti versenyképességét. Ennek jelentősége a rendszer megválasztásánál kiemelkedően magas, ugyanakkor sokan esnek a rövid-távú gondolkodás csapdájába.

Míg korábban egyszerű, ma bonyolult, összetett üzleti folyamatokat kell automatizálni, és az adatok központba juttatásával járó kezdeti fejtörések után ma már az online real-time adatszinkronizáció sem jelent gondot. A fejlesztések irányát ma elsősorban a biztonsággal és az adatátvitel sebességével kapcsolatos kérdésekre adott válaszok jelölik ki.

Az igények kielégítésének módját illetően a rendszerek alapvetően két csoportra oszthatók. Az elsőbe az üzlet specialitásaira „érzékletlenebb”, ám gyorsan és kevesebb

induló költséggel bevezethető, a standard folyamatokat standard módon megvalósító megoldások tartoznak. A másik csoport a paraméterezési lehetőségek széles skáláját kínálva, az üzlet és a külvilág változásait fejlesztés nélkül követni képes megoldásokat tartalmazza. Ez utóbbinál idővel teljesítményproblémák jelentkezhetnek. Vannak a kínálatban építőelemeiből – teljesítmény és üzleti elvárásokra optimalizáltan – gyakorlatilag minden ügyfélnél egyedileg felépíthető megoldások is, bevezetésükkor az ár okozhat gondot.

Szolgáltatások

Az átlagot tekintve, a változtatás igénye az üzleti folyamatok alakulásával – ilyen például a képviselők teljesítménymérésének fejlődése, vagy bérük átstrukturálása – párhuzamos. Lehet egy rendszer minden szempontból felhasználóbarát, viszont a cég különböző szintjein tapasztalható alacsony elfogadottság már bevezetéskor, illetve működtetéskor mindenképp gondot okoz.

Ma már a cégek számára egyértelműek az SFA használatának előnyei. Tisztában vannak az üzleti folyamatok felgyorsulásával, a manuálisan működő vállalatok ennek követhetetlenségével is. A stratégiai vezetői döntésekhez szükséges időigényes kézi adminisztrációval végzett összesítések az üzletek elszalasztásával járó késéssel készülnek el, ami a versenyből való kiszoruláshoz vezet. Nem utolsó szempont az sem, hogy SFA-k alkalmazásával sokkal határozottabban ellenőrizhetők a kereskedelmi hálózatok.

Egy üzletkötői rendszer felépítése

Főbb funkciók: törzsadatok (kereskedők, ügyfelek, kapcsolattartó személyek, termékadatok); túraterv: havi periódusban kit hányszor kell látogatni (1-10x), túranap/-tervezés (asztali gépeken főleg, de lehetőség szerint PDA-n is); útvonalnyilvántartás (nap kezdetén és végén a km állás rögzítése); megrendelés, rendelési javaslat; akciók, időszakos akciók megjelenítése listában, megjelölése a terméklistában; mintaarú készletnyilvántartás (kiadás, visszarú kezelése is); árfigyelés (konkurens termékek); szortiment (boltban található saját termékek felmérése); célok nyilvántartása (értékesítési cél boltonként); feladatok, teendők kezelése üzletkötőre lebontva; üzenetküldési lehetőség (csoportos is); jelentések, lekérdezések a fenti adatokra vonatkozóan. (Réz, 2006)

Az üzletkötő a vevőt a számára kijelölt túratervből vagy több lépcsőn keresztül, - az alkalmazás keresőjének, illetve az alkalmazott adatbázisnak és eljárásoknak köszönhetően - nagyon gyorsan, néhány érintés segítségével érheti el (település, résztelepülések / kerületek, illetve opcionálisan további szűrési lehetőségek). A szükséges és opcionális rendelési és egyéb adatok rögzítése, megtekintése után az üzletkötő azonnal vagy később továbbíthatja ezeket (online / offline) a központ felé. Az üzletkötő a látogatás alkalmával informálódhat, illetve opcionálisan tájékoztathatja a vevőt annak korábbi rendeléseiről, forgalmáról, az aktuális árakról. Opcionálisan GPS segítségével helyfüggő információk nyerhetők az üzletkötő helyzetéről, ezáltal akár a meglátogatandó bolt egységsugarú környezetében engedélyezhető az adatok rögzítése.

A rendszer az adatcserét a következő módon végzi el. Az üzletkötő a helyszínen a PDA-n keresztül rendeléseket (és olyan egyéb opcionális információkat, mint például állapotfelmérés polctükörrel, konkurens árak, stb.) rögzít. Offline mód esetén a szinkronizálás PC-n keresztül vagy telefonvonal segítségével is lehetséges, akár a telephelyen is. Mobiltelefon vagy beépített telefonnal rendelkező kéziszámitógép használatával azonnali, online szinkronizáció valósítható meg.

A legkorszerű megoldásokban az egyes vevők, üzletek az üzletkötőkhöz vannak rendelve, így minden PDA-n csak az adott üzletkötőkhöz tartozó adatok szerepelnek. Az

adatszinkronizálás forgalma és ideje az alkalmazott eljárásnak köszönhetően a legminimálisabb, így a kommunikációs költségek igen alacsonyak online rendszer esetén is (GPRS kapcsolat esetén adatmennyiség alapú az elszámolás a szolgáltató felé). A rendszer és a PDA-komponens kialakításának köszönhetően a felhasználók által felmerült főbb funkciók kielégítésén túl lehetőséget biztosít a fejlesztési igények rendkívül rugalmas, gyors és költséghatékony teljesítéséhez.

A korszerű üzletkötői megoldás modul rendszerű, felhasználóra adaptálható, igény esetén dinamikusan felhasználóra szűrhető az adatbázis (SQL); sebességre, memóriára optimalizált, rendkívül rugalmasan skálázható, online – akár távolról is – karbantartható, frissíthető (a LiveInstall/Update (LILU) keretrendszer segítségével a PDA kliensek is). A kapcsolódó vezetői és karbantartó rendszer webes felületen keresztül érhető el, a lekérdezések exportálhatók is. (Réz, 2007)

Szükség esetén célszerű lehet ún. kiosk megoldást integrálni, amellyel lekorlátozható az eszköz használata az üzletkötői alkalmazására, valamint a távoli telepítést, frissítést lehetővé tevő (LILU) megoldásokkal. A korszerű megoldásoknál lehetőség van az üzletkötők GPS koordináta alapján menetlevél készítésre, vagy akár térképen történő megjelenítésére is.

A kéziszámitógépes rendszerek hatékonyan bevetethők minden olyan üzleti helyzetben, ahol üzletkötők vagy más tevékenységi körrel rendelkező alkalmazottak külső helyszínen rögzítenek, vagy adnak ki adatokat. Az alábbiakban néhány fontosabb alkalmazási területet mutatunk be.

Minden esetnél megfigyelhető, hogy az adatok gyorsan és pontosan jutnak el egy központi rendszerbe, így kiküszöbölődnek a késleltetésből eredő hátrányok, az emberi felejtés, és a többszörös adatbevitelből eredő hibák. Ha egy külső helyszínen felvett rendelés azonnal bekerül az ügyviteli rendszerbe (vagy a központba), akkor előbb lehet gondoskodni a beszerzésről, hamarabb lehet visszajelezni, csökkenteni lehet a raktározott mennyiséget és alacsonyabb fajlagos költséggel lehet dolgozni. Ugyanígy, ha az üzletkötők jelentései azonnal elkészülnek, pontosabbak és frissebbek lesznek, látható a munkatársak leterheltsége, dinamikusabban lehet a munkatársi csapatokat összeállítani.

KÖVETKEZTETÉSEK

Korábban a fizikai teherhordó, majd a tárolási képesség határozta meg a munkatárs által magánál tartható adatok mennyiségét, ma viszont a mobil technológia segítségével gyakorlatilag bármilyen szükséges adathoz, információhoz helytől és időtől függetlenül (a mobilszolgáltatás adta korlátok között) hozzáférhetünk.

A mai technológiák alkalmazásával, mint a mobil adatátvitel, és az üzletkötőknél állandóan magunknál tartható zsebméretű eszközök lehetővé teszik, hogy adatokat kérdezzon le, szerkesszen, továbbítson, melyek számtalan előnyhöz juttatják a vállalkozást, az üzletkötőt, a vevőt. Új vállalati és piaci folyamatok alakulnak ki, felgyorsítva és optimalizálva, átstrukturálva a jelenlegi kapcsolattartási, rendelési, raktározási, szállítási és egyéb kapcsolódó területeket.

Kutatásaim során számos esettanulmányt dolgoztam fel, melyek számokkal is bizonyították azt a feltételezést, hogy az üzleti folyamatok, különösen az értékesítés mobil alapokra helyezése jelentősen megnöveli a hatékonyságot, a nyereséget, valamint a piaci részesedést azokkal szemben, akik egyáltalán nem, vagy csak késve alkalmazzák a vállalatuknál ezt a jövőbe mutató technológiát.

IRODALOM

- Acsay Cs. (2004): Mobil informatikai és vezetői fejlesztések kereskedelmi vállalatoknál. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, ITM : Budapest, 27-28.
- Bilik T. (2005): Mobil személyi informatika alkalmazása vállalati környezetben. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, ITM : Budapest, 31-36.
- Fekete G. (2006): Mobilizált világ. Supply Chain Monitor. Sycamore Média Lapkiadó : Budapest, 19-20.
- Kiss G., Lex Á., Pápai Zs., Borbély Cs. (2007): PDA alapú vállalati rendszerek. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, ITM : Budapest, 57.
- Réz T. (2006): PDA-val támogatott üzletkötői és vezetői rendszer tanulmány. Információs Társadalomért Alapítvány : Budapest, 77.
- Réz T. (2007): Professzionális mobil megoldások, HandSoft Kft.,
<http://www.handsoft.hu/hun/flash/index.html>

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Réz Tamás

BME, GTK, Információ- és Tudásmenedzsment Tanszék
1111 Budapest, Sztoczek u. 2.

Budapest University of Technology and Economics,

Faculty of Economic and Social Sciences,

Department of Information and Knowledge Management

H-1111 Budapest, Sztoczek u. 2.

Tel.: 36-20-334-4688, 36-1-260-1230

e-mail: rez.tamas@infota.org



Applying decision trees to investigate the operating regimes of a production process

T. Varga, J. Abonyi, F. Szeifert

University of Pannonia, Faculty of Engineering, Department of Process Engineering, H-8200 Veszprém, Egyetem út 10.

ABSTRACT

Nowadays beside the improvement of the overall process performance, the maintenance of the safe operation conditions is the key element in the development of process control systems. To improve the quality of products, to reduce energy and materials waste, and to increase the flexibility of production the process operators require more insight in the behavior of the process. While the optimal operating conditions of production processes are getting closer and closer to the physical constraints, more and more important is the development of knowledge based expert systems for supporting the operators to keep the operation conditions in this narrow range. Next to this requirement an expert system has to be able to detect failures, discover the sources of failures and forecast the false operations to prevent from the development of production breakdowns. The aim of this work is to propose a novel approach based on process models and decision tree induction technique to discover and isolate the operating regimes of dynamic processes. The novelty of this approach is the application of a classical machine learning tool (decision tree induction) for the extraction of the hidden knowledge of process models into easily interpretable rule base that describes the operation regions of the process. In order to emphasize applicability of decision trees in extracting the relevant information from the model of a technology and how the rules represent operating regimes a detailed case study was performed based on a sophisticated model of an industrial heterocatalytic reactor.

(Keywords: decision tree, operator support system, heterocatalytic reactor)

ÖSSZEFOGLALÁS

Döntési fák alkalmazási lehetőségei technológiai rendszerek működtetési tartományainak diagnosztikai célú leírására

Varga T., Abonyi J., Szeifert F.

Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Folyamatmérnöki Intézeti Tanszék, 8200 Veszprém, Egyetem út 10.

Az ipari gyakorlatban használt folyamatirányító rendszerek fejlesztésében törekednek arra, hogy a lehető legjobban kihasználják a technológiai folyamat nyújtotta lehetőségeket. Az optimális üzemeltetési körülmények már a fizikai és kémiai törvények által meghatározott korlátokat közelítik, így egyre fontosabbá válik olyan szakértői rendszerek kidolgozása, amelyek segítik az operátorokat a termelő technológiák eme szűk üzemeltetési tartományban történő működtetésében, a rendszerben előforduló hibák detektálásában, a hibaforrások feltárásában, illetve előrejelzésében, megelőzve esetleg azok kialakulását. A tanulmány célja egy olyan új megközelítésmód bemutatása, amely alkalmas a technológia modelljén alapulva, döntési fák alkalmazásával az üzemeltetés

szempontjából lényeges hibaforrások kialakulási okainak feltárására, izolálására. Az így megszerzett szabály alapú ismeretek rendszerezésével egy az operátor döntését segítő szakértői rendszer kidolgozására nyílik lehetőség. A javasolt megközelítésmódot egy heterokatalitikus reaktor üzemeltetését támogató információk kezelésével kapcsolatos vizsgálatok sorozatán keresztül mutatjuk be, rávilágítva arra, hogy a gépi tanulás eszközei, pl. döntési fák, miként alkalmazhatók a különböző szimulátorokból kinyerhető információk összesítésében, és könnyen értelmezhető, illetve kezelhető formában történő reprezentálásában.

(Kulcsszavak: döntési fa, szakértői rendszer, heterokatalitikus reaktor)

INTRODUCTION

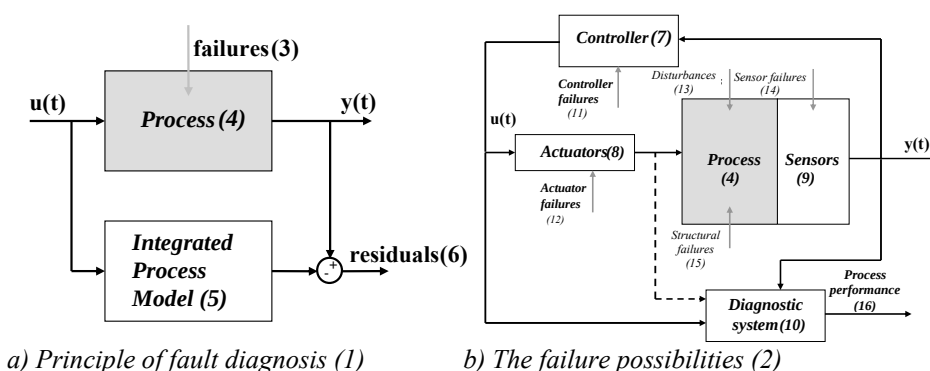
Nowadays beside the improvement of the overall process performance, the maintenance of the safe operation conditions is the key element in the development of process control systems. In the process industries the increasingly complex technologies effect considerable challenges in their design, analysis, manufacturing and management for successful operation. For many applications, it is necessary that maintain the process variables within strict limits. Due to complexity of production systems the fault prevention, diagnoses and the control of abnormal events became more and more complicated for the process operators. Many thousands of process variables are observed and stored every second in a large process plant. To support the operators in improving the quality of products, reducing the energy and materials waste, and increasing the flexibility of production it is necessary to increase their insight in the behavior of the process. Due to this demand the number of claims against for developing diagnostic systems is continuously increasing.

On-line diagnostic and fault detection are based on comparison between measured process data and the values of state variables calculated by the integrated process model. The scheme of such on-line diagnostic can be seen in *Figure 1a* (Venkatasubramanian, 2005; Németh et al., 2004). Usually the comparison is a simple subtraction of the measured and simulated variables. These residuals are called symptoms, ie. reactor temperature is higher or the particle size distribution changes in wider limits than expected. The first example is important from the view point of safety aspect, while the second one is necessary to maintain the product quality. The obtained symptoms can be served as the inputs of a knowledge-based diagnostic method which is based on the heuristic information of the observed symptoms and process system. In the case of lack of heuristic knowledge about the interactions between the faults and symptoms statistical and data mining tools can be applied for fault diagnostic. Otherwise, the interactions can be described by if-then rules and a deduction method is applied for diagnostic. All the failures and malfunctions in a controlled system can be distributed in three classes (*Figure 1b*) (Venkatasubramanian, 2005):

- *gross parameter changes*: the change in parameter value occurs when one or more exogenous variables are varied due to the disturbance entering the process from the environment, e.g. catalyst ageing.
- *structural changes*: occurrence due to the hard malfunctions, e.g. controller malfunction.
- *sensors and actuators malfunctioning*: actuators and sensors cause gross errors due to a fixed failure or an out-of-range failure.

Figure 1

The scheme of on-line fault detection and diagnosis



1. ábra: On-line hibajelzés és diagnózis

A hibadiagnosztika alapstruktúrája(1), Szabályozókörben előforduló meghibásodások(2), Hibák(3), Technológiai folyamat(4), Integrált folyamat modell(5), Eltérés/szimptóma(6), Szabályozó(7), Beavatkozó(8), Érzékelő(9), Diagnosztikai rendszer(10), Szabályozási hibák(11), Beavatkozó hibái(12), Zavarok(13), Érzékelő hibák(14), Strukturális meghibásodások(15), A folyamat teljesítőképessége(16)

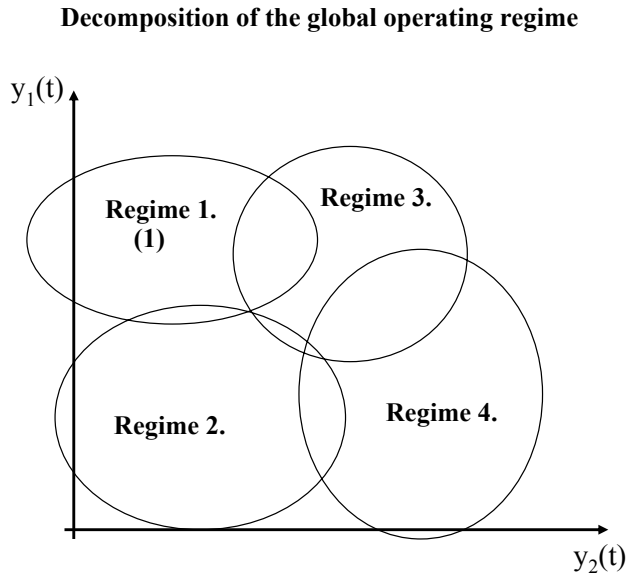
Every process model or controller, even models applied in on-line diagnostic systems have a limited range of validity. This range may be restricted by several factors such as validity of linearization, modeling assumptions or stability properties. A model that is not able to describe the state of system at every operating condition is called local model and it is not valid in each operating regime, as opposed to a global model that is valid in the full range of operation (Figure 2.). Of course, the final goal is the creation of a global model in every modeling task. The fundamental consideration is the application of unique local model or controller in each unique operating regime (Johansen *et al.*, 1997; Rodriguez *et al.*, 2003). These local models are then combined in such a way to yield a global model. Hence, the model development within this framework typically consists of the following steps:

- decompose full operation range of the system into operating regimes;
- select local model/controller structures within each operating regime;
- the local model or controller structures are usually parameterized by certain variables that must be determined, e.g. using nonlinear parameter identification.

A lot of possible methods exist to determine the limits of each operating regime based on experience of the operators or applying different kind of machine learning algorithms (Gugaliya *et al.*, 2005). Learning from examples, i.e. concepts acquisition, is one of the most important branches of machine learning that has been generally regarded as the bottle-neck of expert system development. For this purpose a wide range of models and identification algorithms have been developed.

Through this paper one among the wider range of possible approaches the binary decision trees are applied to create rule-based of the classifier. Decision trees are widely used in pattern recognition, machine learning and data mining applications due to the interpretable representation of the detected information.

Figure 2



2. ábra: A teljes üzemi tartomány felosztása

Tartomány(1)

A binary decision tree consists of two types of nodes: (i) internal nodes having two children, and (ii) terminal nodes without children. Each internal node is associated with a decision function to indicate which node to visit next. Each terminal node represents the output for a given input that leads to this node, i.e. in classification problems each terminal node contains the label of the predicted class (Abonyi, 2005; Abonyi et al., 2003; Han, 2000). The resulting knowledge, in the form of decision trees is easily comprehensible. This is attractive for a wide range of users who are interested in domain understanding, classification capabilities, or the symbolic rules that may be extracted from the tree and subsequently used in a rule-based decision system. An illustrative example for a decision tree is given in Figure 3. As this figure illustrates such a model is easily interpretable, so it can be easily integrated into an operator support system.

This work shows the applicability of decision trees for mining information from a one-dimensional steady-state model of an industrial heterocatalytic reactor. Two phenomena are investigated closely:

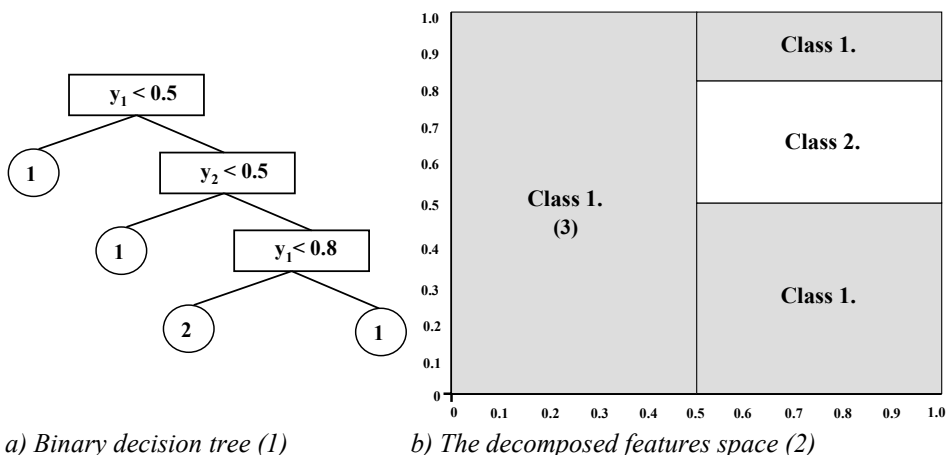
- reactor runaway: it means a sudden and considerable change in process variables, e.g. a highly exothermic reaction takes place in any kind of reactor, in case the generated heat can't be removed, the reaction rate increases due to an increase in temperature, causing a further increase in temperature and hence a further increase in the reaction rate.
- catalyst ageing: due to this phenomenon the catalyst activity is decreasing during the production. It is obvious that a lower catalyst activity results lower process potential.

First we introduce a one dimensional steady-state model of the reactor followed by applied algorithm for decision tree generating. Finally by solving the two above

mentioned problems the way of generating learning samples and using the decision trees to detect and follow these phenomena will be shown.

Figure 3

Example of a binary decision tree



a) Binary decision tree (1)

b) The decomposed features space (2)

3. ábra: Bináris döntési fa példa

Bináris döntési fa(1), Felosztott változó mező(2), Osztály(3)

THE STUDIED REACTOR AND ITS MODEL

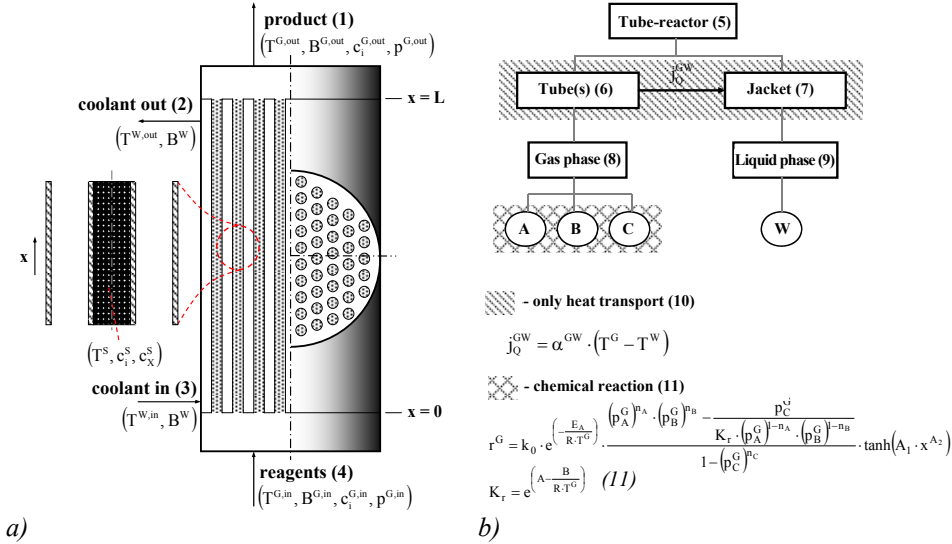
The studied vertically arranged reactor contains a great number of tubes with catalyst as shown in Figure 4a. The second order reaction occurs as the reactants moving upwards through the fixed bed of catalyst particles and the heat generated by the reaction removed by the cooling water. Due to the exothermic reaction it has a great chance for development of hot spots somewhere in reactor which increase the rate of catalyst ageing. The selection of operation conditions is important to avoid the development of reactor runaway and to increase the lifetime of catalyst at same time. It is obvious that the two investigated phenomena is in close relationship, the runaway decreases the lifetime of catalyst while as the activity of catalyst is decreasing the reaction rate is being changed in the same way.

Before the introduction of details of the reactor model, the modeling assumptions are summarized and the resulted structure are presented (Figure 4b):

- the reaction takes place in the gas phase;
- to calculate the rate of reaction the Langmuir-Hinselwood kinetic is modified by a tanh-term (as you can see in Figure 4b), this term makes possible to simulate how the catalyst activity profile modifies the reaction rate in each spot of reactor;.
- the temperature of the gas and solid phase are equal;
- to calculate the pressure drop in the reactor a modified Ergun-equation is used.

Figure 4

**The scheme of the industrial heterocatalytic reactor (a)
and the structure of steady-state model (b)**



4. ábra: Az ipari reaktor sémája(a) és a kidolgozott modell struktúrája(b)

Termék(1), Hűtőközeg ki(2), Hűtőközeg be(3), Reagensek(4), Csőreaktor(5), Cső(vek)(7), Köpenytér(8), Gázfázis(8), Folyadék fázis(9), Csak hőtranszport(10), Kémiai reakció(11)

The mean of model parameters and variables are summarized in the notation. Based on the assumptions just shown the balance of each component flux is the following:

$$\frac{d(B^G \cdot c_i^G)}{dx} = v_i \cdot V^S \cdot r^G, \quad (1)$$

where $i = \{A; B; C\}$. The temperature of reactor and jacket are calculated by the next equations:

$$B^G \cdot \rho^G \cdot c_p^G \cdot \frac{dT^G}{dx} = V^S \cdot r^G \cdot (-\Delta H_r) - A^{GW} \cdot j_Q^{GW} \quad (2)$$

$$B^W \cdot \rho^W \cdot c_p^W \cdot \frac{dT^W}{dx} = A^{GW} \cdot j_Q^{GW}. \quad (3)$$

As it was assumed in the assumptions the pressure drop on catalyst bed is calculated by a modified Ergun-equation:

$$\frac{dp^G}{dx} = -2 \cdot f_c \cdot \frac{\rho^G \cdot (B^G)^2}{d_p \cdot (A)^2} \cdot \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon^3} \cdot \left(1.75 + 150 \cdot \frac{1-\varepsilon}{Re} \right). \quad (4)$$

The model given by the equation (1-4) was implemented in MATLAB. The developed process simulator was used to generate learning samples for the induction of the decision trees trained to extract information related to the two earlier mentioned problems.

RESULTS AND DISCUSSION

Determining the instability regime

To separate the operating regimes of the reactor and avoid the development of reactor runaway analytical and data mining techniques are introduced. First let's consider the analytical solution. The very first step is the calculation of equilibrium reactor temperature ($T^{G,eq}$) in the full scale of conversion. Another possibility to calculate the reaction equilibria making use of the partial pressures of each component:

$$K = \exp\left(A - \frac{B}{R \cdot T^G}\right) = \frac{p_C^G}{p_A^G \cdot p_B^G} \quad , \quad (5)$$

then

$$T^{G,eq} = - \frac{\ln\left(\frac{p_C^G}{p_A^G \cdot p_B^G}\right) - A}{B} \cdot R \quad . \quad (6)$$

The optimal reactor temperature ($T^{G,opt}$) can be easily determined based on the following equation:

$$\frac{dr(T^{G,conversion})}{dT^G} = 0 \quad . \quad (7)$$

To investigate the model stability Ljapunov indirect stability analysis method was applied, which is useful in reactor stability analysis (Varga *et al.*, 2006). The results of calculations in case of this reactor are shown in *Figure 5*.

Decision tree for determining the regime of instability in the reactor

Sometimes it is too complicated to analytically determine the boundaries of stability. In such case instead of any analytical calculations a data mining method can be used to hedge in the instability. The main purpose of this paper is to show how the decision tree technique can be applied in the solution of this problem. The results of the Ljapunov indirect stability analysis performed in case of a great amount of randomly generated inlet conditions are proper for gathering learning samples to obtain a decision tree that is suitable for determining the boundaries of instability. In our previous work (Varga *et al.*, 2006) it has been presented that the cooling fluid inlet temperature and the reagents inlet pressure have the main effect on development of runaway in this reactor. That is why in this case only two from the five inlet parameters are used to generate the decision tree and detect the development of reactor runaway. The learning samples are plotted in *Figure 6a* where the stars present the inlet conditions when runaway occurs, and the circles when doesn't. It is easy to draw a line separating the two regimes but this example is just for presenting the applicability of decision trees in operation regime determination. The generated tree can be seen in *Figure 6b*. The direction of the tree is left to right. In a decision tree the leaves contain the answer of the investigation. In this

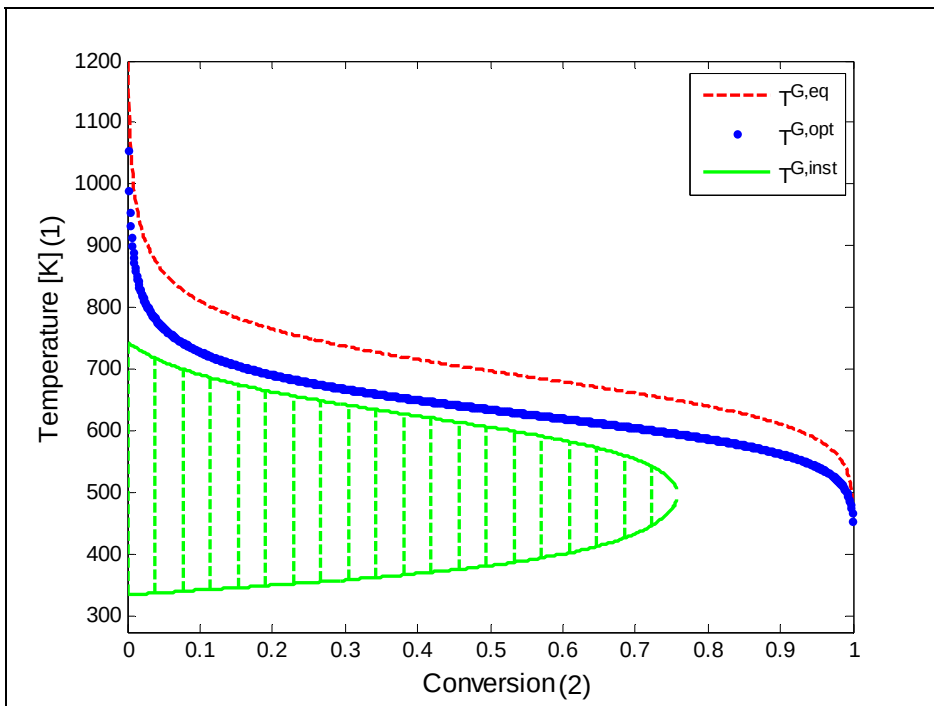
case 1 means runaway doesn't occur while 2 means the opposite. Based on this tree the instability regime can be hedged in as shown in Figure 6c.

Decision trees for monitoring catalyst activity

In every catalytic process the activity of applied catalyst decreases in time but the rate of catalyst ageing is not the same. To generate a decision tree for detecting the catalyst activity in the reactor the necessary learning samples must be collected. In order to collect learning samples two steady-state models, one of them including a tanh-term are used. The calculated outlet values by these models are compared as shown in Figure 7a. Varying the catalyst activity and inlet conditions a great amount of learning samples are generated. The generated tree (Figure 7b) is able to sign only if the catalyst activity is lower than a fixed value. In case some trees which sign in different values are systemized a decision forest can be obtained as it can be seen in Figure 7c. This decision forest is able to measure the catalyst activity in reactor based on the scheme can be seen in Figure 1a where the integrated process model is the presented steady-state model without tanh-term.

Figure 5

The analytic investigation of reactor in phase-space

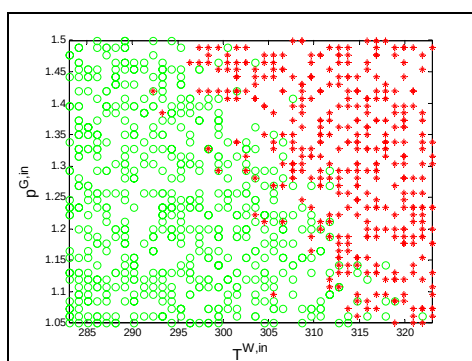


5. ábra: A reaktor analitikus vizsgálata a fázistérben

Hőmérséklet [K](1), Konverzió(2)

Figure 6

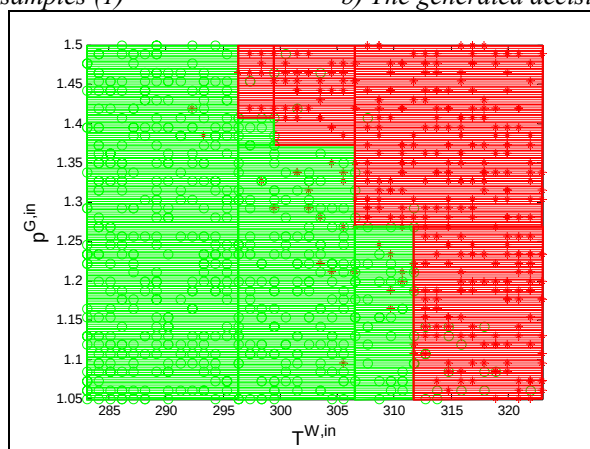
The boundaries of instability



a) The learning samples (1)

$T_{W,in} \leq 306.6 :$
 $T_{W,in} \leq 296.3 : 1 (384.0/8.2)$
 $T_{W,in} > 296.3 :$
 $p_{G,in} \leq 1.37 : 1 (181.0/26.3)$
 $p_{G,in} > 1.37 :$
 $T_{W,in} > 299.4 : 2 (42.0/7.6)$
 $T_{W,in} \leq 299.4 :$
 $p_{G,in} \leq 1.41 : 1 (5.0/2.3)$
 $p_{G,in} > 1.41 : 2 (13.0/6.5)$
 $T_{W,in} > 306.6 :$
 $p_{G,in} > 1.27 : 2 (192.0/6.7)$
 $p_{G,in} \leq 1.27 :$
 $T_{W,in} \leq 311.7 : 1 (50.0/19.2)$
 $T_{W,in} > 311.7 : 2 (133.0/23.8)$

b) The generated decision tree (2)



c) The operating regimes (3)

6. ábra: A reaktor instabil tartományának meghatározása döntési fa technikával

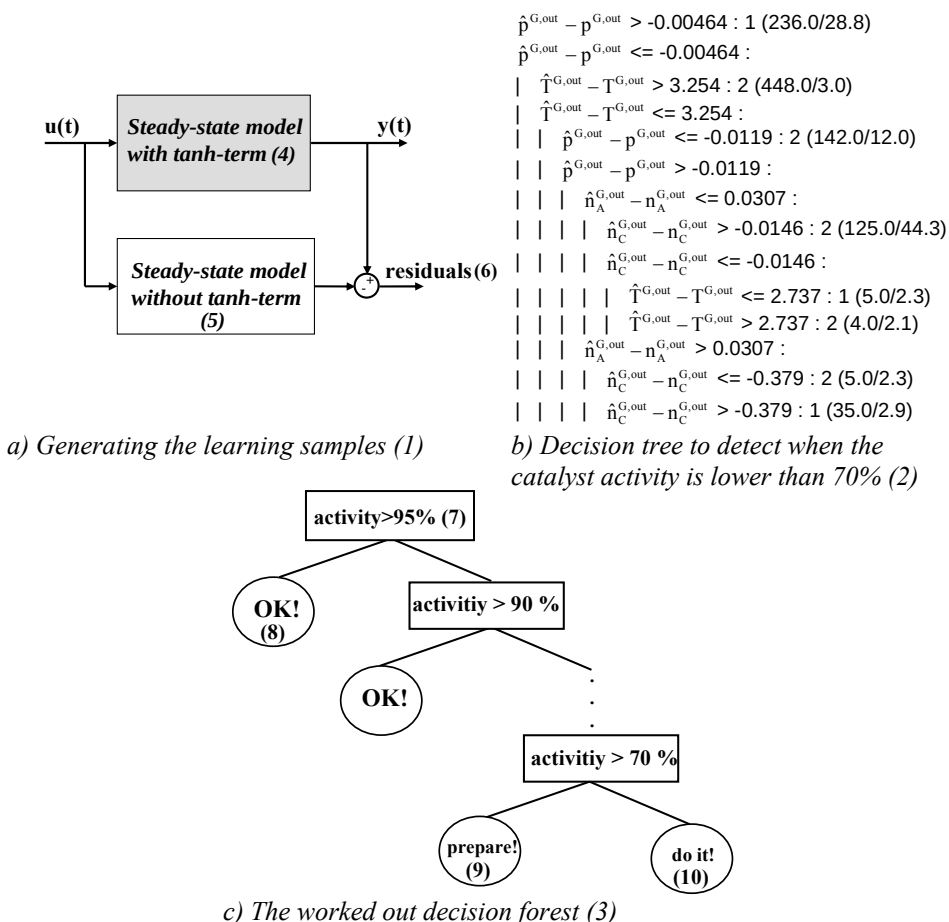
A tanulási minták(1), A generált döntési fa(2), A működési tartományok(3)

CONCLUSIONS

This work demonstrated how decision trees can be used to determine the operating regimes of complex processes, e.g. stability-instability regions of a heterocatalytic reactor. The results show that the proposed decision tree based approach based on a set of linguistic rules extracted from data obtained by the analysis of the steady-state model of the process is able to distinguish between runaway and non-runaway situations. It is shown that decision tree technique is able to extract information from steady-state models to simulate a dynamic phenomenon. The generated decision forest can be applied for the monitoring of catalyst activity in the reactor and the regeneration time can be scheduled by using the proposed tool.

Figure 7

The detection of catalyst activity using decision trees



7. ábra: A katalizátor aktivitásának meghatározása döntési fa technikával

A tanulási minták generálása(1), Döntési fa a 70% alatti katalizátor aktivitás jelzésére(2), A döntési fákból összeállított döntési erdő(3), Stacionárius modell a tanh-taggal(4), Stacionárius modell a tanh-tag nélkül(5), Eltérés/szimptóma(6), A katalizátor aktivitása(7), Nincs szükség a katalizátorágy regenerálására(8), Készülj a katalizátor cserére(9), A katalizátorágy regenerálására van szükség(10)

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to acknowledge the support of the Cooperative Research Centre (VIKKK) (project III/2) and Hungarian Research Found (OTKA T049534).

János Abonyi is grateful for the support of the Bolyai Research Fellowship of the Hungarian Academy of Sciences and the Öveges Fellowship.

NOTATION

Notation	Meaning	Unit
α^{GW}	The heat transfer coefficient between the catalyst bed and the jacket	$\frac{W}{m^2 \cdot K}$
A^{GW}	The contact are between the catalyst bed and the jacket	m^2
A	The cross-section area of the catalyst bed	m^2
B^G	Volume velocity	$\frac{m^3}{s}$
$c_p^G; c_p^W$	The heat capacity of the gas phase and the jacket	$\frac{J}{kg \cdot K}$
ΔH_r	Heat of the reaction	$\frac{J}{mol}$
d_p	The diameter of the catalyst particle	m
ε	The ratio of the volume of solid phase and the volume of catalyst bed	-
K_r	The reaction equilibrium	-
ν_i	Stoichometric coefficient	-
p^G	Pressure	Pa
p_i^G	Partial pressure of components	Pa
r^G	Rate of the reaction	$\frac{mol}{m^3 \cdot s}$
R	The ideal gas constant	$\frac{J}{mol \cdot K}$
Re	Reynold's number	-
$\rho^G; \rho^W$	The density of the gas phase and the jacket	$\frac{kg}{m^3}$
$T^G; T^W$	The temperature of the gas phase and the jacket	K
V^S	The volume of the solid phase	m^3
x	Reactor length without dimension, $x \in [0, 1]$	-

REFERENCES

- Abonyi, J. (2005). Adatbányászat – a hatékonysága eszköze. ComputerBooks kiadó, 12-34.
- Abonyi, J., Roubos, J.A., Szeifert, F. (2003). Data-driven generation of compact, accurate, and linguistically sound fuzzy classifier based on decision-tree initialization. International Journal of Approximate Reasoning, 32. 1-21.
- Gugliya, J.K., Gudi, R.D., Lakshminarayanan, S. (2005). Multi-model decomposition of nonlinear dynamics using a fuzzy-CART approach. Journal of Process Control, 15. 417-434.
- Han, J., Kimber, M. (2000). Data Mining: concepts and techniques. Chapter 7, Morgan Kaufman, 279-334.
- Johansen, T.A., Foss, B.A. (1997). Operating regime based process modeling and identification. Computers and Chemical Engineering, 21. 159-176.

- Németh, E., Cameron, I.T., Hangos, K.M. (2004). Diagnostic goal driven modelling and simulation of multiscale process systems. *Computers and Chemical Engineering*, 29. 783-796.
- Rodriguez, J.A., Romagnoli, J.A., Goodwin, G.C. (2003). Supervisory multiple regime control. *Journal of Process Control*, 13. 177-191.
- Varga, T., Abonyi, J., Szeifert, F. (2006). Heterokatalitikus reaktorok vizsgálata. *Acta Agraria Kaposváriensis*, 10. 3. 121-135.
- Venkatasubramanian, V. (2005). Prognostic and diagnostic monitoring of complex systems for product lifecycle management: Challenges and opportunities, *Computers and Chemical Engineering*, 29. 1253-1263.

Levelezési cím (*corresponding author*):

Varga Tamás

Pannon Egyetem, Folyamatmérnöki Intézeti Tanszék

8200 Veszprém, Egyetem út 10.

University of Pannonia, Department of Process Engineering

H-8200 Veszprém, Egyetem út 10.

Tel.: 36-88-624-447, Fax: 36-88-624-171

e-mail: vargat@fmt.uni-pannon.hu



Fluidizációs-porlasztásos granulálási kísérletek és technológiák kiértékelése és elemzése

Bézy¹ Z., Virágh¹ M., Nagy¹ T., Meszéna² Zs.,
Varga³ M., Balogh³ S., Csukás³ B.

¹Richter Gedeon NyRt., 1103 Budapest, Gyömrői út 19-21.

²Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3-9.

³Kaposvári Egyetem, 7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

ÖSSZEFOGLALÁS

A fluidizációs-porlasztásos granulálás lényege az, hogy egy porszerű, szemcsés, szilárd anyag meleg levegővel fluidizáltatott rétegébe kötőanyagot tartalmazó oldatot porlasztanak, miközben a szemcsék agglomerálódása következtében kialakul egy előírt szemcseméret-eloszlású termék. A gyógyszeriparban ezt a műveletet a tablettázógépekbe gyorsan beadagolható és jó tablettaképződést biztosító köztes termék előállítására alkalmazzák. A laboratóriumi, pilot és üzemi méretű készülékek adatgyűjtő rendszere számos olyan paraméter időbeli változását rögzíti, amelyek analizálásával lehetőség nyílik a különféle technológiai megoldások összehasonlítására, valamint a folyamat egy célszerű szimulációs modelljének kidolgozását biztosító másodlagos jellemzők meghatározására. Munkánk során mintegy 20 laboratóriumi, 150 pilot és 10 üzemi méretű technológia adatait elemeztük. A három különböző típusú termékcsoportba tartozó anyagok granulálása két eltérő kialakítású (ciklikusan üzemeltetett porzsák lerázatos, illetve folyamatosan működő szűrőgyertyás porleválasztásos) készülékben történt. A feldolgozott adatok alapján sikerült egy, a különböző anyag típusokra jellemző, és a méretnövelésre invariáns belső funkcionalitást találni. Az úgynevezett rétegállapot diagram segítségével egyes nehezen értelmezhető kísérleti megfigyelésekre is megfelelő és a valóságban tapasztaltakkal összhangban lévő magyarázatot találtunk. A laboratóriumi, a pilot és üzemi granulálási technológiák rögzített adatainak kiértékelésére számítógépi programokat készítettünk.

(Kulcsszavak: fluidizációs porlasztásos granulálás, méretnövelés, rétegállapot diagram, gyártási folyamat adatelemzése)

ABSTRACT

Data Acquisition and Analyses of Lab, Pilot and Plant Scale Fluid Bed Granulation Processes

Z. Bézy¹, M. Virágh¹, T. Nagy¹, Zs. Meszéna², M. Varga³, S. Balogh³, B. Csukás³

¹Gedeon Richter Ltd., H-1103 Budapest, Gyömrői út 19-21.

²Budapest University of Technology and Economics, H-1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3-9.

³University of Kaposvár, H-7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

Fluidized bed granulation is a process, where a binding material containing solution is sprayed into the fluidized bed of the powder-like particulate solid phase, fluidized by hot air. The solid particles wetted by the binding solution agglomerate, and the granulated product of the prescribed particle size distribution is formed. In pharmaceutical industry the process is used for the production of intermediers to be fed into the tableting machines with a higher

speed, resulting tablets of good quality. The data recording system of the laboratory, pilot and industrial process units makes available the temporal changes of many parameters, that makes possible the analyzes and the comparison of the various technologies. In addition, the recorded data give a good basis for the development of the simulation model, as well as the model based essential secondary characteristics. In this study 20 laboratory, 150 pilot and 10 industrial size granulations were analyzed. The analyzes covered three typical families of products, in two different machines (with cyclical and continuous dust removal from mechanically shaken sacks, or from metallic filters by pressure shocks). Based on the elaborated data, we found an essential functionality that is invariant to the various raw materials, and to the scaling-up. This so-called "bed-state diagram" helped to understand a couple of apparently contradictory experimental observations, resulting explanations, adequate to the practical experience. Computer programs were prepared for the evaluation of the laboratory, pilot and industrial size granulation processes.

(Keywords: fluidized bed granulation, scaling-up, bed-state diagram, analyzes of process data)

BEVEZETÉS

A gyógyszeriparban a tablettázás egyik fontos előfeltétele a megfelelő szemcseméret-eloszlású granulátum kialakítása, melynek ipari gyakorlatban elterjedt egyik módszere a fluidizációs-porlasztásos granulálás.

A technológia célja a kiindulási porszerű, szemcsés anyag előírt mennyiségű kötő- és hatóanyagot tartalmazó, jó tablettázhatóságot biztosító szemcseméretű granulátummá alakítása.

Munkánkat inspirálta, hogy a fluidizációs granuláló készülék mérő- és szabályozó felszereltsége fejlett, mely számos paraméter időbeli változásának rögzítését teszi lehetővé a gyártási folyamat során (*1. ábra*). Célunk a rögzített, szüretlen adatok strukturálásával, majd elemzésével a különféle technológiai megoldások összehasonlítása, valamint olyan meghatározó belső funkcionalitások feltárása, mely alapja lehet egy a tervezést, méretnövelést a gyakorlatban is segítő szimulációs modell kialakításának.

A vizsgált technológia lényege, hogy a kiindulási porszerű anyag meleg levegővel fluidizált rétegébe időben változó mennyiségű kötőanyagot tartalmazó oldatot porlasztanak, amelynek hatására nagyobb szemcseméretű granulátum képződik.

A fluidizációs-porlasztásos granulálás műveleti lépések egymást követő sorozatából álló szakaszos folyamat. Az egymást követő műveleti lépések a következők:

- Betöltés: a granulálandó szilárd alapanyag beadagolása. A szilárd anyag tömege az egyes termékcsoportokra állandó.
- Előmelegítés és homogenizálás: a kiindulási belépő levegő és réteghőmérséklet beállításával egyidejűleg egy homogén réteg-struktúra alakul ki.
- Porlasztási lépések: lépcsőzetesen változó oldat beporlasztási sebesség, levegő hőmérséklet és levegő áramlási sebesség mellett megtörténik az adott esetben kötőanyagot és/vagy hatóanyagot tartalmazó híg vizes oldat beadagolása.
- Szárítási lépések: oldatporlasztás nélkül, lépcsőzetesen változó levegő hőmérséklet és levegő áramlási sebesség mellett lejátszódik a granulátum szárítása.
- Befejező lépések: a homogenizálás és egy befejező légszűrő tisztítás után megtörténik a termék re-grnuláló készüléken keresztül való kiadagolása.

A felsorolt lépések között opcionálisan rövidebb időtartamú szünetek (leállítások), illetve rövid időtartamú módosított paraméterű műveleti lépések is lehetnek.

A fluidizációs granuláló berendezés sematikus rajzát az 1. ábrán láthatjuk. A bekeretezett helyek a mérési pontokat jelölik. A mért paraméterek a következők:

- belépő és kilépő levegő paraméterei: hőmérséklet, levegő sebesség,
- termék hőmérséklet,
- porlasztórendszer paraméterei: granuláló oldat mennyisége, adagolási sebesség,
- szűrő eltömődöttségének jelzése: nyomásesés a szűrő két oldala között.

1. ábra

A fluidizációs-porlasztásos granuláló berendezés

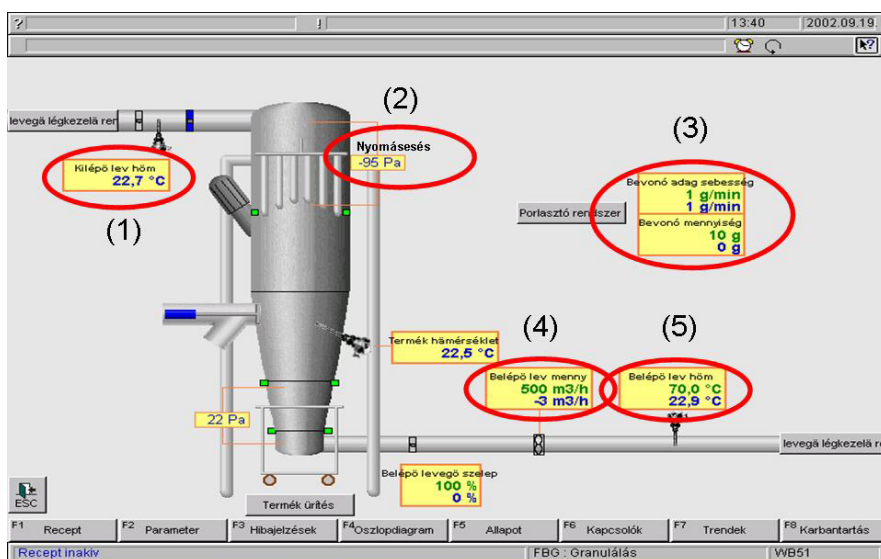


Figure 1: Equipment of fluidized bed granulation

Outlet air temperature(1), Pressure drop(2), Spraying system(3), Quantity of inlet air(4), Inlet air temperature(5)

A berendezés alsó részében lévő speciális alátétlemezen helyezkedik el a granulálandó porszerű anyag, a porágy. Ez az alátétlemez a bevezetett levegőt átengedi, a por lehullását viszont megakadályozza. A porágy felett található a porlasztó rendszer, mely a granuláló folyadékot juttatja a porkeverékre.

A granulálás megkezdésekor a környezetből az alsó részbe bevezetett levegőt mechanikai szűrés után adott hőmérsékletre hűtik (12 °C), így a vízgőz lecsapódása miatt alacsony páratartalmú levegő keletkezik. Az előmelegítés szakaszában ezt a levegőt melegítik előírt hőmérsékletre.

A belépő levegő nedvességet és port visz magával. A nedvesség a kilépő levegővel távozik a rendszerből, a por rétegbe történő visszajuttatása pedig szűrőgyertya lefúvatásos vagy porzsák lerázatos módszerrel történik.

Ettől függően a készülék két típusát különböztetjük meg:

- a folyamatos por visszajuttatást biztosító szűrőgyertyás, illetve
- a szakaszos (periodikus) por visszajuttatást biztosító porzsák lerázatos berendezést.

Folyamatos üzemű készülék esetében a szűrő részletekben történő megtisztítása (lefúvás) mű-ködés közben is lehetséges, míg a szakaszos üzemű berendezés esetén a készülék felső részében elhelyezkedő porzsákok lerázásának ideje alatt a belépő levegő és a porlasztórendszer leáll.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A sarzsok rögzített adatainak értékelésére kétféle Excel makró készült. Az első makró a szűretlen adattömeg strukturálását, további feldolgozásra alkalmassá tételét végzi (2. ábra).

2. ábra

Az első makró által létrehozott strukturált adattömeg

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2			Time	InletAirTemp, °C	OutletAirTemp, °C	ProductTemp, °C	InletAirVolume, m ³ /h	dP FilterW SG, Pa	dPMeshW SG, Pa	Atom Air, bar	Film Rate, g/min	Film Amount, g	Medium Temp, °C
3	BOP5_00		11:10:11	72.9	47.9	34.9	-1	154	-454	0	0	0	58.1
4	BOP5_01		11:10:24	72.8	47.8	35.1	-1	176	-447	0	0	0	58
5	BOP5_01		11:10:35	72.7	47.8	35.1	-1	153	-439	0	0	0	57.9
6	BOP5_01		11:10:46	72.6	47.9	35.1	1	168	-417	0	0	0	57.9
7	BOP5_01		11:10:57	72.7	50.1	29.4	343	989	1062	1.4	0	0	57.9
8	BOP5_02		11:11:10	72.9	52.6	29.9	350	995	1172	1.3	36	0	57.7
9	BOP5_02		11:11:21	72.1	54.2	29.5	365	1011	1326	1.8	113	0	57.8
10	BOP5_02		11:11:34	70.1	54.6	30.6	367	1004	1384	1.9	156	20	57.9
11	BOP5_01		11:11:46	67.9	54.3	31.9	366	960	1479	1.5	150	40	57.9
12	BOP5_01		11:11:56	65.7	54.1	32.7	357	996	1450	1.4	3	40	57.8
13	BOP5_01		11:12:06	64.2	53.6	33.1	356	989	1714	1.4	0	40	57.8
14	BOP5_01		11:12:16	62.6	53	33.4	346	952	1729	1.4	0	40	57.9
15	BOP5_01		11:12:28	60.5	52.4	34	339	937	1751	1.4	0	40	57.8
16	BOP5_01		11:12:38	59.3	52.1	34.3	333	938	1757	1.4	0	40	57.8
17	BOP5_01		11:12:48	58.1	51.6	34.3	328	916	1743	1.4	0	40	57.6
18	BOP5_01		11:13:00	56.8	51.4	34.7	325	886	1831	1.4	0	40	57.6
19	BOP5_01		11:13:12	55.6	51.1	34.8	242	1077	1640	1.3	0	40	57.5
20	BOP5_01		11:13:22	54.9	50.8	34.8	314	995	2095	1.3	0	40	57.5
21	BOP5_01		11:13:33	54.3	50.6	35.1	309	974	2205	1.3	0	40	57.5
22	BOP5_01		11:13:45	54	50.5	35.3	311	981	2220	1.3	-1	0	57.5
23	BOP5_01		11:13:55	53.6	50.3	35.4	305	960	2226	1.3	0	40	57.6
24	BOP5_01		11:14:08	53.3	50.2	35.6	306	1010	2205	1.3	-1	40	57.5
25	BOP5_01		11:14:18	53.2	50	35.7	305	981	2205	1.3	0	40	57.5
26	BOP5_01		11:14:32	53.2	49.8	36.1	307	930	2175	1.3	0	40	57.5
27	BOP5_01		11:14:42	53.2	49.6	36.4	305	930	2314	1.3	0	40	57.6
28	BOP5_01		11:14:53	53.2	49.6	36.6	302	930	2431	1.3	0	40	57.4
29	BOP5_01		11:15:08	53.3	49.3	36.7	302	945	2548	1.3	0	40	57.5
30	BOP5_01		11:15:29	53.5	49.2	37	295	952	2519	1	0	40	57.5
31	BOP5_01		11:15:50	53.6	49	37.3	289	923	2761	1.1	-1	40	57.3
32	BOP5_01		11:16:14	54.2	48.7	37.5	294	930	2805	1.1	127	40	57.3
33	BOP5_01		11:16:30	54.4	48.7	37.8	294	952	2805	1.1	16	40	57.3

Figure 2: Structured data produced by the first macro

A rendezett adattömeg a következő paramétereket időbeli változását tartalmazza:

- A oszlop: A folyamat aktuális szakasza
- C oszlop: Az abszolút idő (óra, perc, másodperc)
- D oszlop: A fluidizált rétegbe lépő levegő hőmérséklete (°C)
- E oszlop: A készülékből kilépő levegő hőmérséklete (°C)
- F oszlop: A fluidizált réteg jellemző hőmérséklete (°C)
- G oszlop: A fluidizált rétegbe vezetett levegő térfogatárama (m³/h) a belépő levegő hőmérsékletén
- H oszlop: A porleválasztó nyomásvesztése (Pa)
- I oszlop: A levegőelosztó rétegtartó alátét nyomásvesztése (Pa)
- J oszlop: A porlasztó levegő nyomása (bar)
- K oszlop: A beporklasztott folyadék adagolási sebessége (g/s)
- L oszlop: A beporklasztott folyadék szakaszonként kumulált mennyisége (g)
- M oszlop: A beporklasztott folyadék hőmérséklete (°C)

A második makró ezekből a paraméterekből kiindulva, a továbbiakban bemutatott számítási algoritmus segítségével végzi a technológiai adatok értékelését, és az outputot (számított paraméterek, diagramok) ugyanebbe a munkafüzetbe írja.

Az adatfeldolgozásnál a munkát nehezítette, hogy a berendezés a belépő és kilépő levegő relatív nedvességtartalmát nem méri.

A relatív nedvességtartalom definíció szerinti képlete a következő:

$$\varphi(T) = \frac{P_{H_2O}(T)}{P_{H_2O}^0(T)} \quad (1)$$

ahol $P_{H_2O}(T)$ a T hőmérséklethez tartozó egyensúlyi gőznyomás, illetve $P_{H_2O}^0(T)$ a vízgőz parciális nyomása.

A kísérleti adatok feldolgozásában az egyensúlyi gőznyomás hőmérséklet függvényét a kapcsolódó szakirodalomban (Perry, 1997) is megtalálható összefüggés alapján adtuk meg:

$$P_{H_2O}^0 = \exp\left(73.649 - \frac{7258.2}{T} - 7.3037 \ln T + 0.0000041653T^2\right) \quad (2)$$

Az x abszolút nedvességtartalom definíciója a következő:

$$x = \frac{\text{kg vízgőz}}{\text{kg száraz levegő}} \quad (3)$$

A relatív és abszolút nedvességtartalom átszámításához 1 kg száraz levegő + x kg vízgőz elegy esetén az ideális gáztörvény felhasználásával a parciális nyomások az alábbiak:

$$P_{H_2O} V = \frac{x}{M_{H_2O}} RT \quad (4)$$

$$P_{lev} V = \frac{1}{M_{lev}} RT \quad (5)$$

ahol:

$$R = 8314 \frac{\text{J}}{\text{kmolK}}$$

$$M_{H_2O} = 18 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}$$

$$M_{lev} = 28.8 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}}$$

Bevezetve a P_{atm} jelölést az atmoszférikus nyomásra az alábbi összefüggéseket írhatjuk:

$$P_{atm} = P_{H_2O} + P_{lev} \quad (6)$$

$$\frac{P_{lev}}{P_{H_2O}} = \frac{M_{H_2O}}{xM_{lev}} = \frac{P_{atm} - P_{H_2O}}{P_{H_2O}} = \frac{\frac{P_{atm}}{P_{H_2O}^0} - \varphi}{\varphi} \quad (7)$$

Az összefüggésekből mind az abszolút mind a relatív nedvességtartalom megadható a másik ismeretében:

$$\varphi = \frac{xM_{lev} \frac{P_{atm}}{P_{H_2O}^0}}{xM_{lev} + M_{H_2O}} \quad (8)$$

$$x = \frac{M_{H_2O}}{M_{lev}} \frac{\varphi}{\frac{P_{atm}}{P_{H_2O}^0} - \varphi} \quad (9)$$

A rétegben lévő oldószer mennyiségét a szilárd anyagban lévő kiindulási nedvesség, a két, egymást követő mérési időpont közötti kumulált beporlasztott oldat mennyiségének különbsége, az adott termékcsoportha jellemző párolgási tényező, valamint az előző időpillanatbeli nedvességtömeg alapján számított párolgást figyelembe véve számítjuk ki. Ebből, valamint az ismert rétegtömegből számoljuk a réteg nedvességtartalmát, a levegősebességből és a készülékátmérőből pedig az ún. lineáris légsebességet.

A makró ezekből az adatsorokból automatikusan elkészíti a következő részben tárgyalt rétegállapot diagramot.

EREDMÉNYEK

Az értékelő makrókkal 20 labor, 150 pilot és 10 üzemi méretű készülékben gyártott sarzs értékelését végeztük el. Az értékelés során olyan közös jellemzőket, belső funcionalitásokat kerestünk, mely a méretnövelésre invariáns. Ilyen tulajdonságnak bizonyult a réteg nedvességtartalma és annak mozgásállapotát jellemző lineáris légsebesség közti kapcsolatot megadó rétegállapot diagram.

A különféle anyagok esetében a gyártásközi ellenőrzésből visszakövetkeztetve megadható egy, az egyes anyagtípusokra jellemző, jó tablettázhatóságot biztosító rétegállapot diagram.

A 3. ábrán egy, a szűrőgyertyás készülékben gyártott sarzs tipikus rétegállapot diagramját látjuk.

3. ábra

A rétegállapot diagram

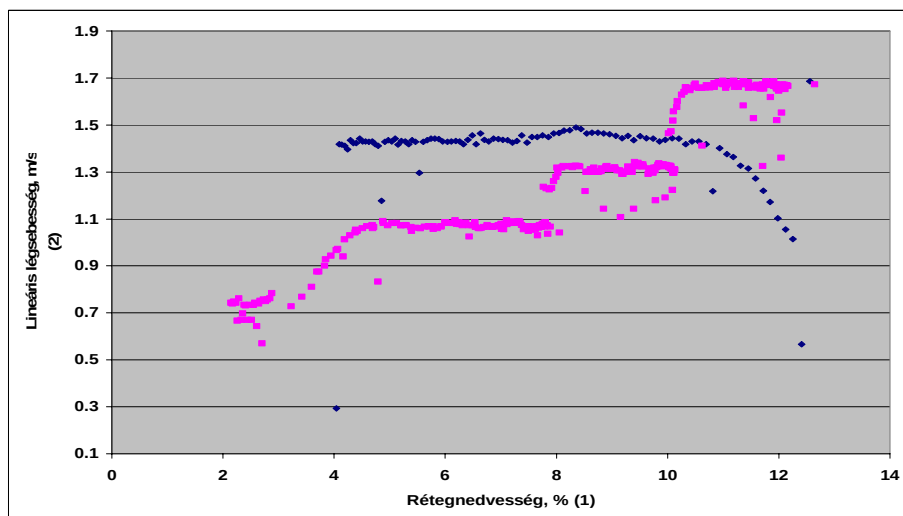


Figure 3: Bed-state diagram

Humidity of the bed (1), Linear air flow rate (2)

A 3. ábrán világosabb színnel jelzett, lépcsőzetesen felfelé haladó pontthalmaz a porlasztás állapotát mutatja. A granulálás ezen szakaszaiban a beporlasztott oldat miatt a réteg nedvességtartalma fokozatosan emelkedik, és egyre magasabb lineáris légsebesség szükséges annak átmozgatásához. A sötétebb színnel jelzett pontok a porlasztás nélküli, szárítási, utószárítási szakaszokat mutatják. A pontok iránya jobbról balra halad, ami a réteg száradását mutatja.

A 4. ábra egy szakaszos működésű, porzsák lerázatásos készülékben gyártott sarzs rétegállapot diagramja.

4. ábra

A rétegállapot diagram

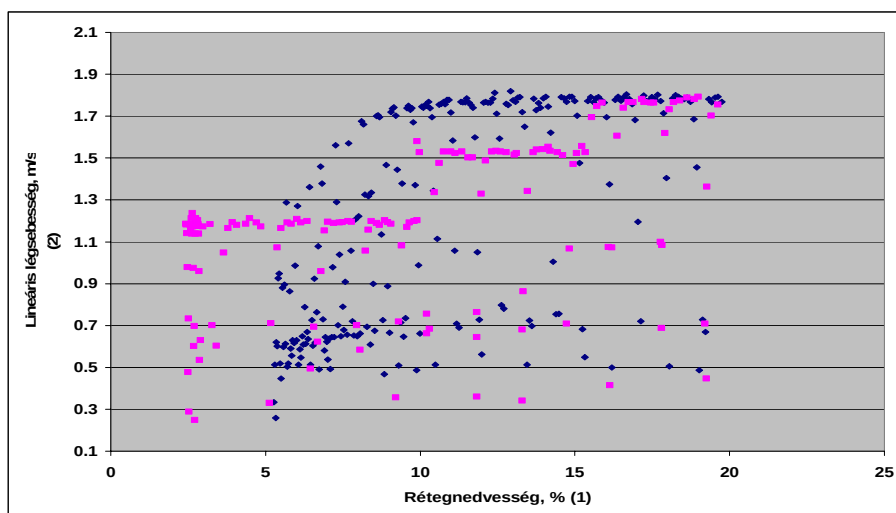


Figure 4: Bed-state diagram

Humidity of the bed(1), Linear air flow rate(2)

A szakaszos működés és a gyakori lerázatás eredményeként a porzsákos készüléken gyártott sarzsok rétegállapot diagramja szórt képet mutat, a fő tendenciák azonban itt is megfigyelhetők.

KÖVETKEZTETÉSEK

A rétegállapot diagram a gyakorlatban jól alkalmazható az eltérő technológiai megoldások összehasonlítására, egyes nehezen értelmezhető kísérleti megfigyelésekre pedig segít a tapasztaltakkal összhangban lévő választ adni.

Egy ilyen nehezen értelmezhető esetre mutat példát az 5. ábra, ahol egy normál és egy „túlnedvesített” sarzs rétegállapot diagramját hasonlítjuk össze.

Túlnedvesített állapotba a rendszer kétféleképpen kerülhet a granulálás alatt, egyrészt túl alacsony másrészt túl magas légsebesség alkalmazásakor. Az ábrán az utóbbi eset rétegállapot diagramja látható (sötét pontokkal jelölt). Túl magas légsebesség

alkalmazásakor a granulálandó por jelentős része a porszűrőben (porlasztási zóna fölött) található szinte a teljes folyamat alatt, így a porlasztási zónában maradt porra viszonylag nagyobb mennyiségű granuláló folyadék jut, ez a réteg jobban szemcsésedik, majd túlnedvesedik, „elázik” a granulálás közben.

Az ábrán jól látható, hogy mind a mozgásállapot (azaz az átlagos lineáris légsebesség), mind a maximális rétegnedvesség (ami megfelel a granulálás végén mérhető rétegnedvességnek) jelentősen eltér a két esetben. A normál sarzs mozgásállapota intenzívebb, nedvessége – látszólag – majdnem kétszer akkora a granulálás végén, mint a „túlnedvesített” sarzsé. Az ellentmondás oka, hogy a túlnedvesített sarzs esetében a magasabb légsebesség miatt a rétegből jelentős mennyiségű porkihordás történik, a beporlasztott oldat pedig a lent maradt kisebb mennyiségben oszlik el, mely nedvességtartalma így jóval nagyobb.

5. ábra

Egy normál és egy túlnedvesített sarzs összehasonlítása

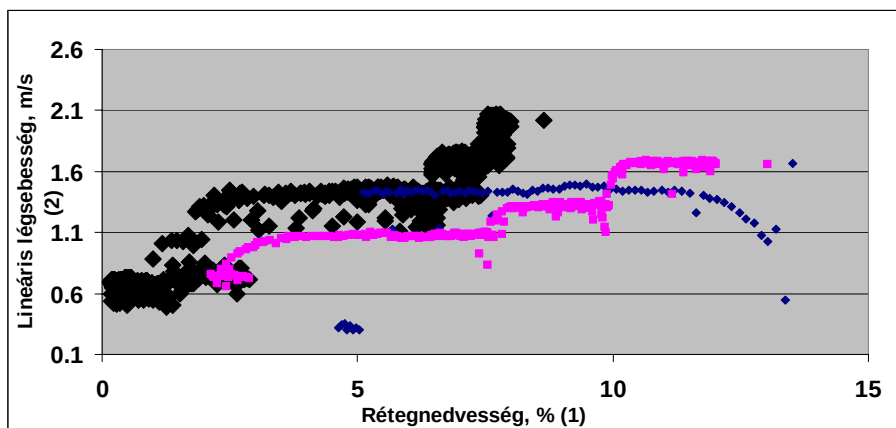


Figure 5: Comparison of a normal and an overwetted batch

Humidity of the bed(1), Linear air flow rate(2)

A rétegállapot a méretnövelésre invariáns, ezért jól alkalmazható az egyes technológiák fel- illetve leméretezésekor. Ebből a tulajdonságából adódóan megfelelő alapot teremt számítógépes szimulációs modell kialakításához.

IRODALOM

R.H. Perry, D.W. Green (1997). Perry's Chemical Engineers' Handbook, 7th Edition. McGraw-Hill Publishing Co.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Bézy Zoltán

Richter Gedeon NyRt.

1103 Budapest, Gyömrői út 19-21.

Gedeon Richter Ltd.

H-1103 Budapest, Gyömrői út 19-21.

Tel.: 36-1-431-5817

e-mail: z.bezy@richter.hu



Time-Series Similarity Application to Qualitative Process Trend Analysis

B. Balaskó, S. Németh, J. Abonyi

University of Pannonia, Department of Process Engineering, H-8200 Veszprém, Egyetem Str. 10.

ABSTRACT

Beside the widely applied quantitative statistical tools, qualitative methods get more and more popular in the field of data mining techniques. Qualitative results are often easier to understand to a user, but to achieve such results, these methods always claim for a priori knowledge of the object they analyze. This paper proposes a technique that is able to compare and qualify time series in an unsupervised way, where to even a priori knowledge can be incorporated. The two main steps of our method are: it applies triangular episode segmentation proposed by Cheung and Stephanopoulos to get a symbolic trend representation, and secondly it compares episode sequences by pairwise sequence alignment, a known technique in bioinformatics for aligning amino acid sequences based on a dynamic programming matrix filled with transformation weights. An alignment is considered as optimal if sum of weights is minimal. Instead of weights, our technique applies a predefined similarity measure. The algorithm was made up with data preprocessing methods to handle multidimensional, noisy data as well: Principal Component Analysis and Gaussian-filter, respectively. It is shown that the presented technique is able to compare, classify or qualify time series to discover their similarities. The algorithm was tested on industrial process data as well to show how it works on process trends and how it supports the analysis of product transitions in a multi-product polymerization plant.

(Keywords: qualitative trend analysis, episode segmentation, sequence alignment)

ÖSSZEFOGLALÁS

Idősorok hasonlóságának alkalmazása kvalitatív trend elemzés céljából

Balaskó B., Németh S., Abonyi J.

Pannon Egyetem, Folyamatmérnöki Intézeti Tanszék, 8200 Veszprém, Egyetem u. 10.

Az adatbányászati eszközök közül a széles körben alkalmazott statisztikai módszerek mellett egyre népszerűbbek a minőségi adatelemző technikák. Ezek kimenetei általában könnyebben értelmezhetőek a felhasználó számára, de ilyen eredmények eléréséhez ezek az eszközök gyakran az elemzett rendszer a priori ismeretének felhasználását igénylik. Ez a cikk egy olyan technikát mutat be, amely képes felügyelet nélkül összehasonlítani változók idősorát, és amelybe az előzetes ismeretek felhasználhatóak. A módszer két fő lépése a következő: Cheung és Stephanopoulos által kifejlesztett háromszög epizód szegmentáció alapján a trendeket szimbolikus epizódok szekvenciájára bontja, majd ezeket bioinformatikai szekvencia-illesztéssel összehasonlítja. A szekvencia-illesztés ismert módszer a bioinformatikában aminosav-szekvenciák vizsgálatára, amely egy dinamikus programozási mátrixon alapul,

melynek elemei transzformációs súlyok. Az optimális illesztése két szekvenciának a minimális transzformációs súlyösszegű illesztés. Az alkalmazott technika súlyok helyett előre definiált pontértékeket maximalizál az optimális illesztés megtalálása érdekében. Az algoritmust kiegészítettük annak érdekében, hogy többdimenziós, zajjal terhelt adatok esetében is hatékonyan működjön, ezért főkomponens elemzést és Gauss-szűrőt alkalmaztunk. A cikkben bemutatásra kerül, hogy a kifejlesztett módszer alkalmas többváltozós idősorok összehasonlítására, osztályozására és minősítésére a trendek közötti hasonlóságon alapulva. Az algoritmust valós polimerizációs technológiai adatokon is teszteltük annak érdekében, hogy megvizsgáljuk, hogyan teljesít, valamint alkalmas-e a többtermékes technológia termékváltásainak elemzésére.

(Kulcsszavak: kvalitatív trendanalízis, epizód-szegmentáció, szekvencia-illesztés)

INTRODUCTION

Modern control systems in chemical industry due to the high level of automation generally have data collection and storage ability, thus enormously large amount of data exist for further analysis to mine useful information. Unfortunately, about 10 percent of the collected data is considered to be analyzed (Fayyad and Simoudis, 1997), hence there is a giant need for techniques that can compress data with minimal loss of information or have the potential for fast and efficient information mining. Quantitative methods that claim for large number of patterns to get reliable information are very popular because of *easy-to-use* nature, but their *hard-to-understand* output results that they need to be integrated to qualitative techniques. This semi-qualitative way leads to qualitative trend analysis (QTA) where results are generated with an incorporation of the two approach and they are understandable and informative for a user. QTA techniques consist of two basic steps: (i) data preprocessing and (ii) comparing preprocessed data based on a predefined similarity / distance measure.

Data processing deals with the problem how a time series, i.e. a trend of a variable can be represented to be an effective basis for further analysis. The approach can be non-data-driven, e.g. wavelet transforms, spectral transforms (Fourier), piecewise aggregate approximation (PAA), or data-driven, e.g. piecewise linear approximation (PLA), Singular Value Decomposition (SVD), trees and symbolic representation. Lot of research has been done on every technique in the literature, a hierarchy of these techniques is presented in (Lin et al., 2003), where many references are cited.

To compare the preprocessed data, there is always a need for an adequate similarity or distance measure. In the literature different measures are applied that fulfill the requirements of being a metric function, namely the attribute of *non-negativity*, *identity*, *symmetry* and *subadditivity* (also called triangle-inequality), like Euclidean distance, Mahalanobis distance, Chebyshev distance, etc. Some distance measures are also defined to compute distances between strings, like Hamming distance or its generalization, Levenshtein distance. In bioinformatics similarity matrices are widely spread, which are computed empirically (PAM and BLOSUM matrices), hence they not fulfill all requirement of a metric. The applied data processing technique determines the type of applicable distance measures.

From data compression point of view, the amount of data and its dimensionality have to be lowered significantly with an acceptable loss of information which resulted in various sampling, regression and segmentation techniques for size reduction and different mapping and scaling methods for dimensionality reduction, like principal component analysis (PCA), or multidimensional scaling (MDS).

This paper proposes a segmentation technique based on symbolic representation, triangular episode segmentation (Cheung, Stephanopoulos, 1990). Segmentation means finding time intervals where a trajectory of a state variable is homogeneous. Segments can be linear, steady-state or transient, indicative for normal, transient or abnormal operation, hence segmentation based feature extraction was applied by many researchers for system monitoring, process fault diagnosis or operator support system (Venkatasubramanian, 1995; Sundarraman and Srinivasan, 2003; Charbonnier et al., 2005).

Cheung and Stephanopoulos proposed a second order segmentation method for process trend analysis, the application of episodes with a geometrical representation of triangles. Triangular episodes use the first and second derivatives of a trend on a geometrical basis, hence seven primitive episodes can be achieved as characters, which note the shape of the time series over a time interval. These episodes can be partitioned into fuzzy episodes by change of magnitude and duration to have a larger symbol set for representing trends (Wong et al., 1998).

To compare symbolic representations, one can find much less solution in the literature, which can be explained as: other methods use a representation space, where it is easier to achieve a similarity / distance measure between time series transformed by them, because they under-estimate the original distances (Faloutsos et al., 1994).

Lin and Keogh applied a PAA based symbolic representation technique called SAX (Symbolic Aggregate approXimation), where the distance of two symbols were defined as follows: considering normalized data with Gaussian distribution and breakpoints separating equal-sized areas under Gaussian curve, every area can mapped as a single character that corresponds to a value interval over a PAA segment. Distance of two characters is the resultant of the maximal and minimal distance of their breakpoint values (Lin et al., 2003).

It was also shown that dynamic time warping (DTW) is able to compare DNA sequences if transformation weights of amino acids are at hand (e.g. Srinivasan, 2006). DTW applies a dynamic programming matrix that is filled up with a predefined distance or similarity measure of every element in both sequences (or time series), and it aligns them by finding the shortest path with minimal distance / maximal similarity. Originally it was developed for speech recognition (Itakura, 1975, Sakoe and Chiba, 1978). Going towards this dynamic programming technique, another possibility is *global pairwise sequence alignment* to align symbolic sequences, which is a basic application in computational biology or bioinformatics, using mutation, injection and deletion operators for optimal alignment based on an analogous dynamic programming matrix as DTW (Needleman and Wunsch, 1970, Waterman and Smith, 1978, Waterman, 1984).

The short overview above shows that comparing strings is not famous in trend analysis although there are already techniques in other research fields that can effectively handle aligning symbolic sequences, like DTW and pairwise alignment. The proposed algorithm applies therefore episode segmentation and pairwise sequence alignment to compare time series, it is extended by PCA and Gaussian filter to handle multidimensional and noisy data as well. As a case study, it is applied to compare multidimensional time series attained from a Hungarian multi-product polymer plant. Product transitions are extremely important to be managed in a reproducible way, hence our analysis focuses on their hierarchical clustering and visualization by MDS.

The algorithm is also able to find subsequences similar or equal to a predefined sequence, “motif” (Lin et al., 2002) in a wide range time interval, hence identify product transitions in an unsupervised way.

MATERIAL AND METHOD

Principal Component Analysis (PCA)

This subsection aims a general description of the applied dimensionality reduction technique, Principal Component Analysis. PCA or hotelling algorithm is a widely known and applied method for lowering the dimensionality of a data set from n to q dimensions ($q < n$) based on its multidimensional structure and find patterns in data (Smith, 2002).

During an orthogonal linear transformation from n to the lower dimension of q , PCA calculates the eigenvectors and eigenvalues of the n -dimensional preprocessed (zero prospective value) data and selects the largest q eigenvalues, which corresponding eigenvectors create a subspace, where the original data is projected into. In other words, it finds the most significant directions with the largest variance in the data set.

As a formal description, let $\mathbf{X}$ be an $n \times N$ dimensional data set, where N means the number of observations. The aim of PCA is to find a $\mathbf{P}$ orthonormal $n \times n$ projection matrix that fulfills the following equation:

$$\mathbf{P}^{-1} = \mathbf{P}^T \quad (1)$$

$$\mathbf{Y} = \mathbf{P}^T \mathbf{X} \quad (2)$$

where $\mathbf{Y}$ is the diagonal covariance matrix of the transformed data. In general, the principal components of a data set are calculated from the correlation matrix $\mathbf{C}$ by the following eigenvalue equation:

$$\mathbf{Cp} = \lambda p \quad (3)$$

The eigenvalues are decreasingly sorted, the eigenvector corresponding to the largest eigenvalue will be the first principal component and so on. The selected principal components are collected in $\mathbf{P}$ and the projected data are calculated by $\mathbf{Y} = \mathbf{P}^T \mathbf{X}$. If not all the principal components are selected, the projection error of PCA (cumulative

percentage of the selected eigenvalues) can be given as $\sum_{i=q+1}^n \lambda_i$, and the reconstruction error means $\|\mathbf{PY} - \mathbf{X}\|$.

The presented algorithm has an implementation of Dynamic PCA (DPCA), which can extract time-dependent relations in the measurements, because it mimics the concept of an ARMAX (auto-regressive moving average exogenous) time series model by forming the data matrix with the previous observations in each observation vector (Ku et al., 1995). This means that DPCA algorithm has an extra parameter called time delay parameter, which expresses the time shift between data points: e.g. it shifts the output values by the residence time of a reactor in order to have the corresponding input-output data pairs at the same timepoint.

Gaussian filtering

In this paper the widely known and applied Gaussian filter was applied in order to make high frequency noises vanish from signals. The convolution kernel is as follows:

$$x(\sigma, t) = x(t) \circ f(\sigma, t) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(u) \cdot \left\{ \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left[-\frac{(t-u)^2}{\sigma^2}\right] \right\} du \quad (4)$$

By increasing σ filtering parameter, more and more feature vanish from the signal, hence the sequence length shorten. Considering this, it is always the user's responsibility to choose an appropriate σ value that corresponds to the current problem.

Triangular Episode Segmentation

To get from a quantitative to a qualitative representation of a real-valued $x(t)$ function, it is considered, if we know the value and the derivatives of a function over a time interval, the state of that function is completely known. The continuous state (CS) over a closed time interval can be defined as a point value, which is a triplet (if $x(t)$ is continuous in t):

$$CS(x, t) \equiv PtVl(x, t) = \langle x(t), x'(t), x''(t) \rangle \quad (5)$$

Consequently, a continuous trend can be defined as continuous sequence of states. For discrete functions, as an approximation, an underlying continuous function has to be known since the derivatives of single points cannot be performed. These definitions lead to a qualitative description of a state (QS) and trend if x is continuous at t , otherwise it is undefined:

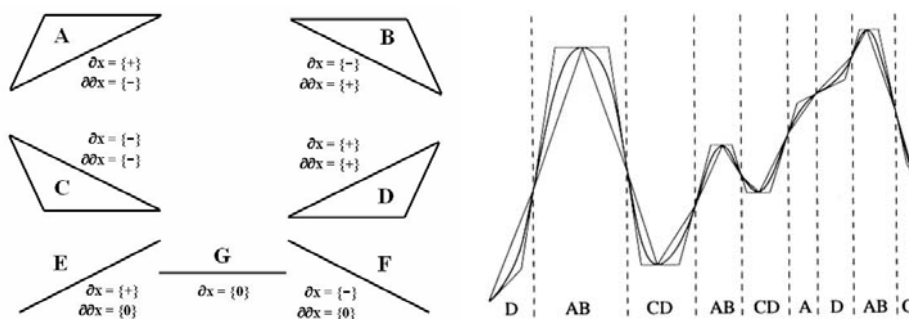
$$QS(x, t) = \langle [x(t)], [x'(t)], [x''(t)] \rangle \quad (6)$$

where $[x(t)], [x'(t)]$ and $[x''(t)]$ can be $\{-; 0; +\}$, depending if they have negative, zero or positive values. Obviously, a qualitative trend of a reasonable variable is given by the continuous sequence of qualitative states.

$QS(x; t)$ is called an *episode* if it is constant for a maximal time interval (the aggregation of time intervals with same QS), and the final definition of a trend of a reasonable function is a sequence of these maximal episodes. An ordered sequence of triangular episodes is the geometric language to describe trends. It is composed of seven primitives noted as $\{A, B, C, D, E, F, G\}$ illustrated in *Figure 1*. These seven primitives can be partitioned into a set of 57 episodes by predefining thresholds in order to assign every episode to be $\{\text{small}(s); \text{medium}(m); \text{large}(l)\}$ by duration and magnitude (*Wong et al.*, 1998). These thresholds can only be achieved by a priori knowledge, i.e. a preliminary analysis of the possible ranges and changes of the variables.

Figure 1

Seven primitive episodes proposed by Cheung and Stephanopoulos and a sample trend representation



1. ábra: Cheung és Stephanopoulos által javasolt hét epizód alaptípus és egy példa reprezentáció

Pairwise Sequence Alignment

Sequence alignment is typical expression of bioinformatics, where amino acid or nucleotide sequences have to be compared, how far the evolved new sequences are from

the elders, i.e. how old they are, and how many mutation steps were needed to result in the new sequence.

Applying the *minimal evolution*, one tries to find the least mutation steps between the elder and offspring sequence. Naive algorithms compare all possible alignments and select one with minimal sum of transformation weights.

Fast algorithms calculate in an other way: Let A_n be a n -element sequence and B_m a m -element sequence, a_n and b_m their n th and m th element; a $\alpha^*(A_n; B_m)$ denotes the set of optimal pairwise alignments of A_n and B_m and $w(\alpha^*(A_n; B_m))$ the sum of transformation weights for these optimal alignment. The basic idea in fast algorithms is that if we know $w(\alpha^*(A_{n-1}; B_m))$, $w(\alpha^*(A_n; B_{m-1}))$ and $w(\alpha^*(A_{n-1}; B_{m-1}))$, then $w(\alpha^*(A_n; B_m))$ can be calculated within a constant time period. If we leave the last aligned pair in an optimal alignment of A_n and B_m then we get an optimal alignment of $(A_{n-1}; B_m)$, $(A_n; B_{m-1})$ or $(A_{n-1}; B_{m-1})$, depending on that last mutation step was a deletion, injection or substitution, respectively:

$$w(\alpha^*(A_n, B_m)) = \min \left\{ \begin{array}{l} w(\alpha^*(A_{n-1}, B_m)) + w(a_n \rightarrow -) \\ w(\alpha^*(A_n, B_{m-1})) + w(- \rightarrow b_m) \\ w(\alpha^*(A_{n-1}, B_{m-1})) + w(a_n \rightarrow b_m) \end{array} \right\} \quad (7)$$

The optimal alignment weights are given in a dynamic programming matrix, $\mathbf{D}$ with a size of $(n+1) \times (m+1)$. The initial conditions for the 0th row and column:

$$d_{0,0} = 0;$$

$$d_{i,0} = \sum_{l=1}^i w(a_l \rightarrow -) \quad (8)$$

$$d_{0,j} = \sum_{k=1}^j w(- \rightarrow b_k) \quad (9)$$

These equations are the main difference between DTW and pairwise alignment, to fill up $\mathbf{D}$ matrix, the above minimization equation is used. Optimal alignments are started at $d_{n,m}$ and ended in $d_{0,0}$, while in every step the minimal weight is chosen and stepping left means an injection, stepping upwards means a deletion and stepping diagonally upwards means a substitution or perfect match. This method was developed by Needleman and Wunsch.

We applied a scoring matrix instead of transforming weights to align our episode sequences, the only difference is that it maximizes the score of alignment in every step, and the optimal alignment will be the path with the maximal score. The rules for filling up the scoring matrix are as follows:

- Each score of a mutation can be between 0 and 10;
- gaps have a scoring value of -0.1 (injecting a gap is slightly penalized);
- $w(X \rightarrow X) = 10$, perfect alignment gains a score of 10;
- Score of the alignment of an increasing $\{A, D, E\}$ and a decreasing episode $\{B, C, F\}$ is zero;
- Every episode is similar to the steady episode $\{G\}$ with a score of 2.

This similarity measure is not a classical metric, because it does *not* fulfill triangle inequality.

Scores are weighted according to the type of the episode during alignment: it means a multiplier of 1/3 if duration / change of magnitude is {small} and 2/3 if {medium}. Moreover, score values are normalized by the size of the shorter sequence in order to balance the scores of shorter and longer alignments hence not only for one single alignment but for the alignment of the whole sequence the maximal score is 10.

The proposed algorithm

The algorithm was realized and implemented by the authors in MATLAB[®] environment and it consists of the following steps:

- 1) Problem-specific selecting and parametering algorithm features:
 - a) PCA, choosing time delay parameter for DPCA (even for a 1-D signal);
 - b) Gaussian filter: increasing filter parameter makes high-frequency-features vanish from trend;
 - c) Appropriate thresholds for {small, medium, large} markers;
 - d) Possible Motif-discovery application;
- 2) Data pre-processing: (dimensionality reduction + filtering) + episode segmentation;
- 3) Optimal alignment of two episode sequences based on maximizing a score value.

Application and efficiency highly depends on step 1), the other two steps are automatic and can be repeated as many times as needed for problem solving.

A polymerization technology

The presented algorithm was tested on product changing strategies of a Hungarian polymer plant (Himont technology). Polymer product quality is indicated by melt flow index (MFI) that highly depends on hydrogen concentration. Production is performed in product cycles to minimize or vanish offgrade product: 6 homopolymers are produced with rising MFI, then 11 copolymers with decreasing MFI in a cycle of approximately one month of production (denoted by product codes from H1 to H6 and from C1 to C11 respectively), i.e. frequent process transitions are needed (in every 1-2 days), which means leading the technology from a steady operation regarding a product into an other steady operation regarding the next product. Notation for transitions is as follows: {starting product code}-{final product code}, e.g. H6-C1 means a transition from 6th homopolymer to 1st copolymer product.

From the production data of these polymers a process database was implemented, which contains all the major variables of production with a sample time of 15 seconds (which is the original sampling interval of the control system) of one year continuous production.

The transitions are performed by operators quickly (in less than 2 hours) and manually by tuning five different process values: (i) hydrogen inlet feed to 1st and (ii) 2nd loop reactors, (iii) catalyst inlet flow into the 1st reactor, (iv) reactor temperatures in 1st and (v) 2nd reactors. Concluding from this, every transition can be characterized by these five process variables and a 2-hours-period of production (480 data point values). An example of a process transition can be seen on *Figure 2*.

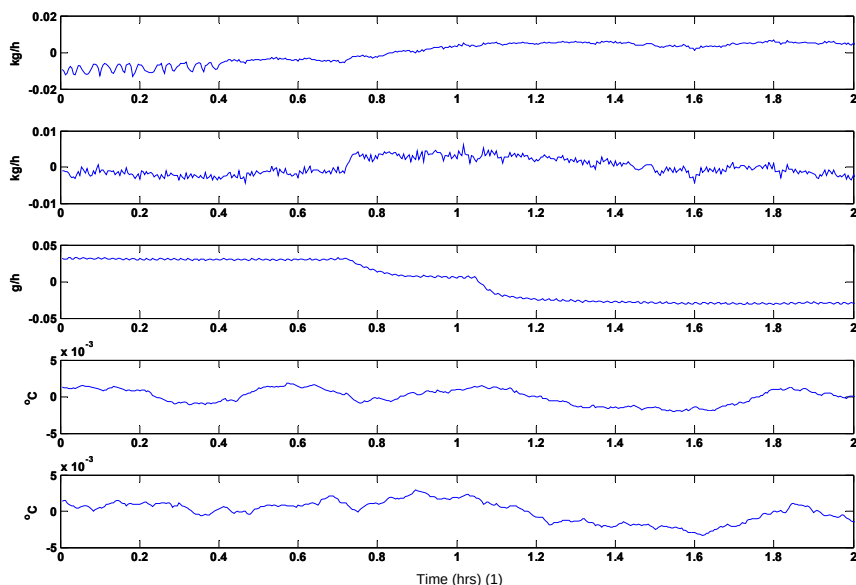
RESULTS AND DISCUSSION

A total set of 31 transitions were compared based on the score of alignment of 2-hour-trends collected from a 2-month-period of production, thus some transitions occur more than one times in order to be able to compare the same type of transitions as well.

While episode segmentation can only handle 1-D trends, every 5-D product transition is projected with the same principal component into a 1-D data series as a function of time with an eigenvalue percentage of 83%, i.e. 17% projection error. An additional analysis showed that application of dynamic PCA increases this information loss, thus static PCA was used.

Figure 2

An example of a C2-C3 product transition profile (from top to bottom: normalized data of hydrogen inlet feed to 1st and 2nd loop reactors, catalyst inlet flow into the 1st reactor, reactor temperatures in 1st and 2nd reactors)



2. ábra: Példa egy C2 termékről C3 termékre történő termékváltásra (normalizált adatok, sorrendben: hidrogén betáplálás az 1. és 2. reaktorba, katalizátor betáplálása az 1. reaktorba, reaktor hőmérsékletek az 1. és 2. reaktorban).

Idő (óra)(1)

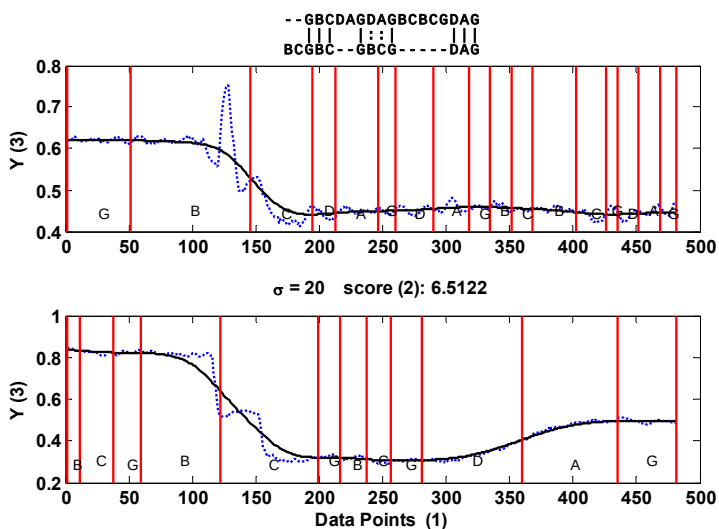
For Gaussian filtering, an overall filtering parameter of $\sigma = 20$ was used. Figure 3 shows two 1-D projected transition after segmentation, their episode sequence and optimal alignment (‘|’ notes perfect match, ‘.’ mutation) where vertical lines mean episode borders. The parameter dependence and resulting similarity scores for this alignment of two transitions are listed in Table 1.

Table 1 concludes that the filtering parameter highly influences the length of the sequences by vanishing more and more feature from the trend thus it changes the similarity between the two trends as well, hence it needs to be tuned carefully and problem specific. Obviously, at very large σ values the two filtered trends will be identical (the more the two trends are similar the smaller σ is sufficient).

After aligning every projected product transition to each other, in other words after calculating the similarity measure for each transition pair, the achieved 31×31 sized scoring matrix can be applied for visualization in a dendrogram as a hierarchical clustering result (Figure 4) and in 2-D or 3-D plots with MDS, which projects the transitions into a 2 or 3 dimensional space to show visually the distance between the transitions (Figure 5). In all these visualizations, similarity score is transposed into distances of transitions simply by $dist = 1 - Score / 10$.

Figure 3

An example for alignment of two projected (dotted line), filtered (cont. line) and segmented product transition profiles (C5-C6 and C10-C11)



3. ábra: Példa egydimenziós (pontvonal), szűrt (folytonos vonal) szegmentált termékváltási profilok illesztésére (felül C5-C6, alul C10-C11 váltások).

Adatpontok(1), Hasonlósági pontérték(2), Projektálási változó(3)

Table 1

Effect of filtering parameter (σ) to length of triangular sequences and aligning similarity scores

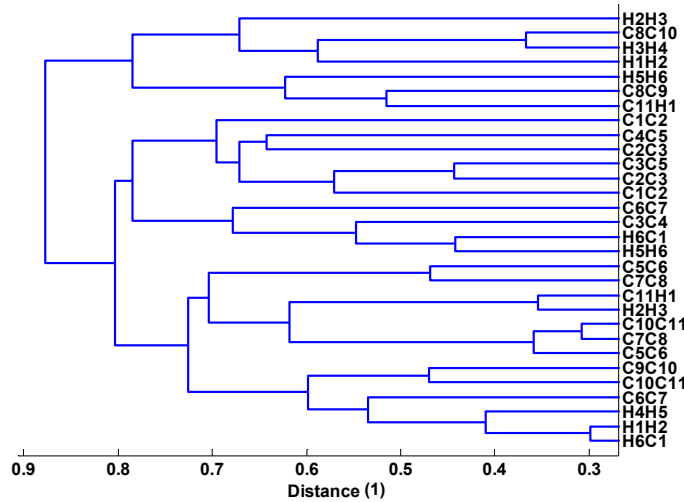
Transition code (1)	σ	Length of sequences (2)	Aligning score (3)	Alignment (4)
C5C6	10	32	3.22	-GBCGBCDBCBCDA----DAGDABCDABCGBCDADAG :::
C10C11	10	27		BCDAGBC-BCBCDABCB CDAGDA--DABCG-----
C5C6	20	17	6.51	--GBCDAGDAGBCBCGDAG : :
C10C11	20	12		BCGBC--GBCG-----DAG
C5C6	40	10	6.91	GBCGDAGBCG :
C10C11	40	6		-BCGD-A-G
C5C6	80	3	9.9	BC---G
C10C11	80	6		BCGDAG
C5C6	115	3	10	BCG
C10C11	115	3		BCG

1. táblázat: A σ szűrési paraméter hatása a szekvenciák hosszára és hasonlósági pontértékre.

Termékváltás kódja(1), Szekvenciahossz (2), Hasonlósági pontérték(3), Illesztés(4)

Figure 4

A dendrogram of product transitions based on their dissimilarity (distance) measure ($\text{dist} = 1 - \text{Score}/10$)

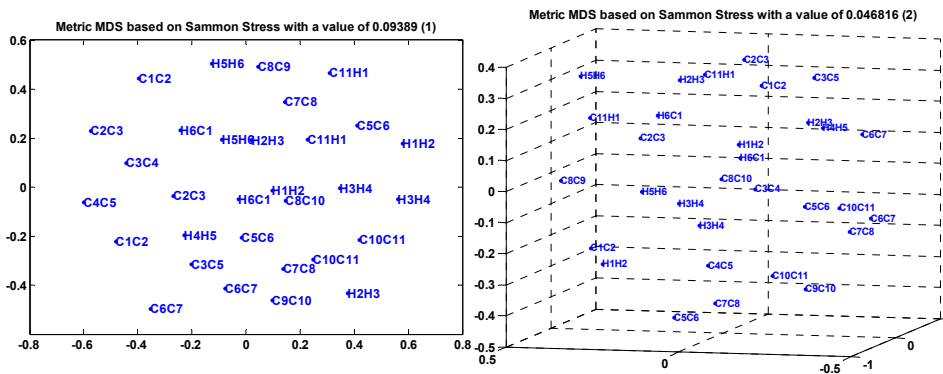


4. ábra: A termékváltások csoportosítása és ábrázolása dendrogrammban a különböző mértékek alapján (távolság = 1-pontérték / 10)

Különbség mérték(1)

Figure 5

2-D and 3-D scaling of product transitions by Sammon MDS methods



5. ábra: 2- és 3-dimenziós termékváltás-ábrázolás MDS segítségével

Metrikus 2D-MDS 0,093 értékű (9,3%-os) Sammon-féle hiba alapján(1), Metrikus 3D-MDS 0,046 értékű (4,6%-os) Sammon-féle hiba alapján(2)

The basic expectations for these results were that two main groups could be differentiated: homopolymer-homopolymer and copolymer-copolymer transitions. On the contrary, both visualization techniques show that transitions are currently not managed in a reproducible way, because even the same types are less similar. Analysis of each transition one-by-one showed that manually driven transition strategies cause these significant differences: 5 process variables are too much degree of freedom to be manually set during a transition, an optimal (e.g. economically optimal) transition strategy would be needed to qualify all the strategies on an objective basis.

Finally, a *motif-discovery problem* solution is presented, as an other possible application of the proposed algorithm. Since, copolymer-copolymer transitions are more similar to each other, a sequence of this transition-type was applied to be a motif and a whole period of copolymer production (451 hrs) was used where the motif (e.g. an optimal transition profile) has to be found by searching for similar subsequences. A result is presented in *Figure 6*, where only the best match was plotted, but by predefining a threshold of accuracy (minimal similarity score) and a larger search window, other less accurate motifs can be found as well.

Figure 6

Finding a similar subsequence (motif) in part of a large episode chain of production

```

-----AGBCBCGDAADAG-----
      ||||| ||
CGDAGBCGBCGBCGDAGBCBCGDA-GDAGBCGDAAGDABCGDAGD

```

6. ábra: Megtalált hasonló szekvencia-mintázat egy kopolimer gyártás hosszú epizódláncának részletében

To use it in an unsupervised way for statistical aims, one has to define only the motif itself and a window length, the algorithm runs every possible window-length-sequence through the whole time series sequence (trivial matches are deleted) to find similar subsequences.

Note, that this time *motif was predefined* because of the engineering case study, it could be an optimal transition strategy, an average of homopolymer-homopolymer transitions (a representative of this transition group) or one typical strategy to see how many times similar strategies occur. This type of application makes the user be able to identify exact locations of e.g. product transitions in a large time horizon.

CONCLUSIONS

The aim of this paper was to extract useful information from quantitative time series in a qualitative way. For decreasing the large amount of data and for resulting in a qualitative description of trends, it applies PCA aided triangular episode segmentation. It has been shown that this tool is able to find similarities in two trends and compare them based on pairwise sequence alignment. Towards this goal, one is able to search for similarities in trends, hence classify process trends based on their shape encoded into episode sequence. As an other type of application, one can find similar subsequences (motifs) in a large production sequence, thus identify product transitions in a trend.

Future work may concentrate on different distance and similarity measures and on defining optimal transition strategies to incorporate minimal subjectivity into the algorithm.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to acknowledge the support of the Cooperative Research Centre (VIKKK, project III/1) and Hungarian Research Found (OTKA T049534). János Abonyi is grateful for the support of the Bolyai Research Fellowship of the Hungarian Academy of Sciences and the Öveges Fellowship.

REFERENCES

- Charbonnier, S., Garcia-Beltan, C., Cadet, C., Gentil S. (2005). Trends extraction and analysis for complex system monitoring and decision support. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 18. 21-36.
- Cheung, J. T., Stephanopoulos, G. (1990). Representation of process trends. Part I. A formal representation framework. *Computers and Chemical Engineering*, 14. 495-510.
- Faloutsos, C., Ranganathan, M., Manolopoulos, Y. (1994). Fast Subsequence Matching in Time-Series Databases. In: *Proceedings of the ACM SIGMOD Int'l Conference on Management of Data*. May 24-27, Minneapolis, MN. 419-429.
- Fayyad, U. M., Simoudis, E. (1997). Data mining and knowledge discovery. Tutorial Notes at PADD '97 – 1st Int. Conf. Prac. App. KDD & Data Mining, London.
- Itakura, F. (1975). Minimum prediction residual applied to speech recognition. *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, ASSP-23. 1. 67-72.
- Ku, W., Storer, R. H., Georgakis, C. (1995). Disturbance detection and isolation by dynamic principal component analysis. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 30. 179-196.
- Lin, J., Keogh, E., Patel, P., Lonardi, S. (2002). Finding Motifs in Time Series. In: *Proceedings of the 2nd Workshop on Temporal Data Mining, at the 8th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*. Edmonton, Alberta, Canada. Jul. 23-26.
- Lin, J., Keogh, E., Lonardi, S., Chiu, B. (2003). A Symbolic Representation of Time Series, with Implications for Streaming Algorithms. In *proceedings of the 8th ACM SIGMOD Workshop on Research Issues in Data Mining and Knowledge Discovery*. San Diego, CA. Jun. 13.
- Needleman, S.B, Wunsch, C.D. (1970). A general method applicable to the search for similarities in the amino acid sequence of two proteins. *Journal of Molecular Biology*, 48. 443-453.
- Sakoe, H., Chiba, S. (1978). Dynamic programming algorithm optimization for spoken word recognition. *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, 27. 1. 43-49.
- Smith, L.I. (2002). A tutorial on Principal Component Analysis.
- Srinivasan, R., Qian, M.S. (2006). Online fault diagnosis and state identification during process transitions using dynamic locus analysis. *Chemical Engineering Science*, 61. 6109-6132.
- Sundarraman, A., Srinivasan, R. (2003). Monitoring transitions in chemical plants using enhanced trend analysis. *Computers and Chemical Engineering*, 27. 1455-1472.

- Venkatasubramanian, V. (1995). A Syntactic Pattern-recognition Approach for Process Monitoring and Fault Diagnosis. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 8. 1. 35-51.
- Waterman, M.S, Smith, T.F, Beyer W.A. (1976). Some biological sequence metrics. *Advanced Mathematics*, 20. 376-387.
- Waterman, M.S. (1984). General methods of sequence comparison, *Bulletin of Mathematical Biology*, 46. 473-500.
- Wong, J.C., McDonald, K.A. and Palazoglu, A. (1998). Classification of process trends based on fuzzified symbolic representation and hidden Markov models. *Journal of Process Control*, 8. 5-6. 395-408.

Corresponding author (*Levelezési cím*):

Balaskó Balázs

Pannon University, Department of Process Engineering

H-8200 Veszprém, 10 Egyetem Str.

Pannon Egyetem, Folyamatmérnöki Tanszék

8200 Veszprém, Egyetem u. 10.

Tel.: 36-88-624-770, Fax: 36-88-624-171

e-mail: balaskob@fmt.uni-pannon.hu



Fluidizációs-porlasztásos granulálási technológiák méretnövelését segítő szimulációs modell kialakítása

Varga¹ M., Balogh¹ S., Csukás¹ B., Bézy² Z., Virágh² M., Nagy² T.

¹Kaposvári Egyetem, 7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

²Richter Gedeon NyRt., 1103 Budapest, Gyömrői út 19-21.

ÖSSZEFOGLALÁS

A fluidizációs-porlasztásos granulálás szimulációs modellezésére vonatkozóan a szakirodalomból két szélsőségesen különböző megközelítés ismert. A modellek egyik csoportja az elemi folyamatok részletes leírásából kiindulva, elosztott paraméterű parciális differenciál-egyenletrendszer (populáció mérleg) segítségével próbálja meg követni a szemcseméret eloszlás és az egyéb fizikai tulajdonságok változását. Ezen modellek gyakorlati alkalmazhatósága nehéz, mivel a szükséges elemi fizikai-kémiai paraméterek meghatározása a gyakorlatban lehetetlen. A másik szélsőséges megközelítés a különböző méretű készülékekben kimért empirikus összefüggések, és a gyakorlati tapasztalatokon alapuló heurisztikus szabályok alkalmazásával próbál a gyakorlat számára segítséget nyújtani. Ezek a tapasztalati összefüggések a készülékméretre nagyrészt nem invariánsak, ezért elsősorban jól bevált szakértői szabályokat kombinálnak az egyes anyagokra vonatkozó intuitív következtetésekkel, mely hátránya, hogy fontos jellegzetességek (pl. a szerkezeti anyag hőkapacitása) nem vehetők figyelembe. Munkánkban egy olyan, a gyakorlatban is alkalmazható, közepesen bonyolult megoldást dolgoztunk ki, amely a fluidizált réteg mozgásállapota és a rétegben lévő anyag tapadó-képességét kifejező nedvességtartalom közötti összefüggést leíró, úgynevezett rétegállapot diagram követésén alapul. A folyamat állapoteteleleit jellemző, úgynevezett passzív elemek és változáselemt leíró aktív elemek generikus szimulációs modellje a készülék hőtehetetlenségét is figyelembe vevő hőmérleg-rendszeren, a nedvességmérlegen, valamint a porszűrő rendszerbe kerülő szilárd anyag mérlegének követésén alapul, miközben a szemcseméret eloszlás és a fizikai tulajdonságok megfelelő kialakulását az adott sávban elhelyezkedő rétegállapot-diagram garantálja implicit módon. Tapasztalataink szerint a tervezést és méretnövelést a gyakorlatban is jól segítő programrendszert alakítottunk ki, és megkezdtük a módszer gyakorlati alkalmazását. (Kulcsszavak: fluidizációs-porlasztásos granulálás, rétegállapot diagram, generikus szimulációs modell, méretnövelés)

ABSTRACT

Development of a Simulation Model for Scaling-up of Fluid Bed Granulation Processes

M. Varga¹, S. Balogh¹, B. Csukás¹, Z. Bézy², M. Virágh², T. Nagy²

¹University of Kaposvár, H-7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

²Gedeon Richter Ltd., H-1103 Budapest, Gyömrői út 19-21.

There are two extremely different approaches for the modeling and simulation of the fluidized bed granulation in the literature. The first part of the models, starting from the detailed

description of the elementary processes, derives a system of partial integro-differential equations (population balance) for the description of the changing particle size distribution and of the other physical properties. Because of the practically unavailable physical parameters the industrial application of these models is very difficult. The second approach, utilizes the empirical relationships, measured in laboratory and pilot equipments of various size. These relationships, combined with heuristic rules are used to support the solution of practical programs. These empirical models are often not invariant to the size of the equipment. Consequently, some general expert rules used to be combined by the intuitive conclusions about the various materials, while some important knowledge (e.g. about the heat capacity of the construction material) cannot be taken into consideration. In this study a practically usable, intermediate solution has been elaborated, based on the so-called "bed-state diagram". This essential functionality describes the relationship between the motion and the agglomerating ability (stickiness) of the bed. The generic simulation model describes the state elements and the elementary transitions of the processes. The resulted simulation tool describes the heat balance (including also the heat capacity of the construction material), the solvent balance, as well as the elutriation of the solid particles to the filter, and their cyclic or continuous removal. The particle size distribution and other appropriate physical properties are guaranteed by the well-shaped bed-state diagram in implicit. According to the preliminary applications, the simulation program seems to afford practical help for design and scaling-up.

(Keywords: fluidized bed granulation, bed-state diagram, generic simulation model, scaling-up)

BEVEZETÉS

A fluidizációs-porlasztásos granulálási technológia lényege, hogy a készülék alátétlemezen elhelyezett, porszerű kiinduló anyagra kötőanyagot tartalmazó oldatot porlasztanak, így jó tablettázhatóságot biztosító, előírt szemcseméret eloszlású granulátum keletkezik.

A granuláló berendezés mérő- és szabályozó felszereltsége fejlett, így nagy mennyiségű, automatikusan rögzített adat állt rendelkezésre (1. ábra).

Munkánk során a fluidizációs-porlasztásos granulálási technológiák adatelemzésének tapasztalatai alapján kezdtük el egy a gyakorlatban is hasznosítható, méretnövelést segítő szimulációs modell kialakítását.

A technológia egymást követő műveleti lépések összességéből áll, melyek a következőképpen csoportosíthatók:

- betöltés,
- homogenizálás,
- előmelegítés,
- porlasztás és szárítás lépcsőzetesen változó levegő-árammal,
- végül a termék ürítése regenerálással.

A technológiai folyamat szakaszolása az alapanyag és a kötőanyag minőségétől is függ. Az egyes szakaszokban változtatható technológiai paraméterek a következők:

- levegő térfogatárama,
- levegő hőmérséklete,
- beporlasztott oldat mennyisége,
- és a porlasztás sebessége.

A paraméterek megadását – ahogy a szakaszok meghatározását is – jelentős mértékben befolyásolja az alap- és kötőanyag minősége.

1. ábra

A fluidizációs-porlasztásos granuláló berendezés adatgyűjtése

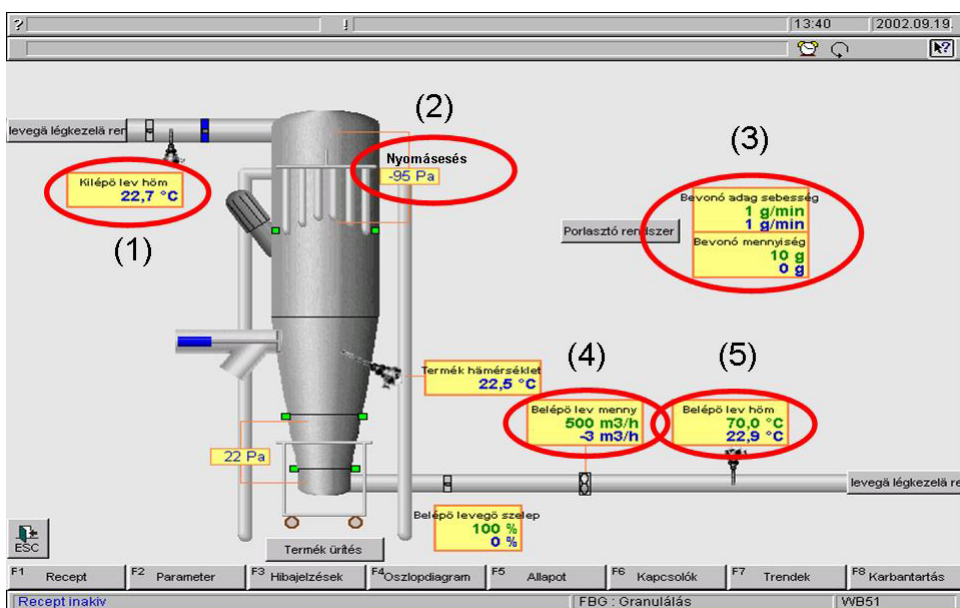


Figure 1: Data acquisition system of the fluidized bed granulator

Outlet air temperature(1), Pressure drop(2), Spraying system(3), Quantity of inlet air(4), Inlet air temperature(5)

A gyakorlat által felvetett probléma egyrészt a különféle anyagokra vonatkozó, legjobb granulátumot eredményező technológia megtervezése, másrészt a **labor** ($\varnothing$ 0.14 m) → **pilot** ($\varnothing$ 0.385 m) → **üzemi** ($\varnothing$ 1-1.5 m) készülékek közötti méretnövelés megoldása. A méretnövelés gyakorlati megvalósítását nehezíti, hogy az adott méretű készülékben kialakított technológia lineárisan nem vihető át másik méretű készülékre.

A technológiai folyamat szakaszos jellegéből adódóan a paraméterek nagyszámú kombinatorikus lehetőségeit, a korlátozott mennyiségben rendelkezésre álló anyagot és időt figyelembe véve az előbbi gyakorlati problémák pusztán kísérleti úton történő megoldása lehetetlen, egy célszerűen kialakított számítógépi szimulációs módszer azonban hatékony segítséget nyújthat.

A manapság ezen a területen létező modelleket két szélsőséges kategóriára oszthatjuk. A modellek egyik csoportja a szemcseképződés során lejátszódó elemi folyamatok részletes leírásából kiindulva egy elosztott paraméterű parciális differenciálegyenletrendszer (populáció mérleg) leírásával kísérli meg a szemcseméret eloszlás és az egyéb fizikai tulajdonságok változásának egzakt követését. A részletes modellezést nehezíti, hogy a csatolt populáció-, hő- és nedvességmérleg jellemzői a függőleges térkoordináta mentén is változnak, ráadásul a szilárd anyag fluidizált rétege nem homogén, hanem magasságfüggő méretű buborékokat tartalmaz. A modellanyagokkal kapott jelentős elméleti eredmények ellenére a mindennapi gyakorlatban ezen modellek

nehezen használhatók, mivel a szükséges elemi fiziko-kémiai paraméterek meghatározása a gyakorlatban szinte reménytelen feladat.

A modellezési törekvések másik nagy csoportja különböző méretű berendezésekben kimért empirikus összefüggések, illetve a gyakorlati tapasztalatokra alapozott heurisztikus méretnövelési szabályok alkalmazásával próbál segítséget nyújtani az üzemi gyakorlatnak. Az empirikus összefüggések sokszor nem invariánsak a készülék méretére, ezért a gyakorlatban elsősorban jól bevált szakértői szabályokat kombinálnak az egyes anyagokra vonatkozó intuitív következtetésekkel.

Munkánkban egy olyan harmadik utas megoldást dolgoztunk ki, amely a fluidizált réteg mozgásállapota és a rétegben lévő anyag tapadó-képességét kifejező nedvességtartalom közötti összefüggést leíró, úgynevezett rétegállapot diagram követésén alapul. A 2. ábrán egy tipikus rétegállapot diagramot láthatunk, ahol a világosabb színű, balról jobbra lépcsőzetesen tartó pontok a beporlasztás, a jobbról balra haladó sötétebb színű pontok pedig a szárítás szakaszait jellemzik.

2. ábra

A rétegállapot diagram

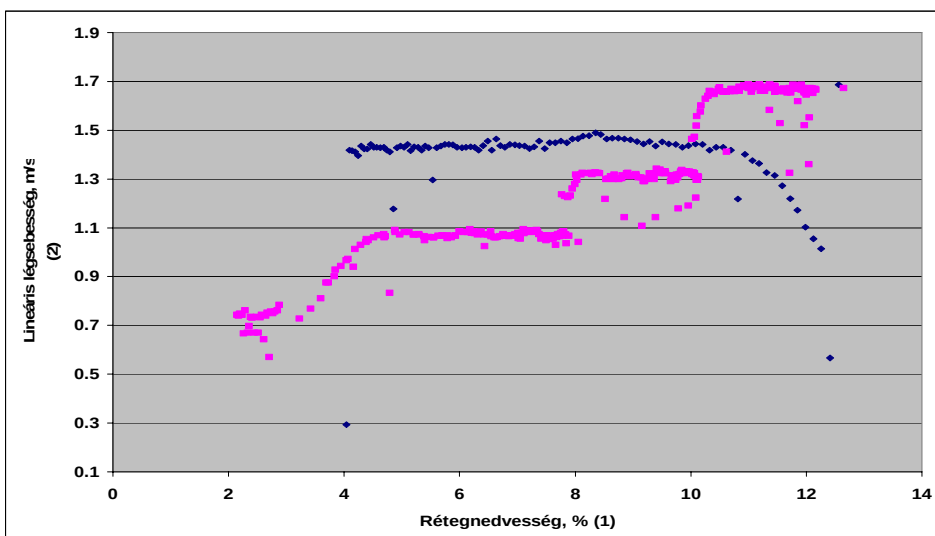


Figure 2.:Bed-state diagram

Humidity of the bed (1), Linear air flow rate (2)

ANYAG ÉS MÓDSZER

A szimulációs modell kialakításánál az állapotokat jellemző passzív elemek és a változásokat leíró aktív elemek közvetlen számítógépi leképezésén alapuló módszert alkalmaztuk.

A 3. ábra a modell felépítésének sematikus rajza, ahol az állapotokat téglalapokkal, a változásokat (levegőáram, párolgás, entalpia) pedig nyilakkal jelöltük.

3. ábra

A modell építőelemei

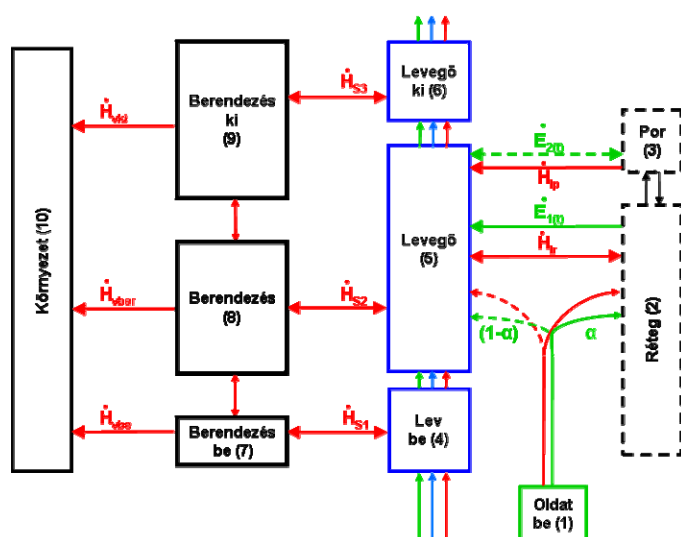


Figure 3: Building blocks of the model

Solution feed(1), Bed(2), Raw material(3), Inlet air(4), Air(5), Outlet air(6), Inlet part of equipment(7), Second part of equipment(8), Outlet part of equipment(9), Environment(10)

A granulálás folyamán a beporlasztott oldat (Oldat be) hőátadás mellett – a 3. ábrán nyilakkal jelölve – a rétegbe kerül. A modellben lehetőség van annak figyelembevételére, hogy a beporlasztott oldatnak csak egy része kerül a rétegbe (α), másik része ($1-\alpha$) a levegőbe jut.

A rétegből a gyártás során folyamatosan történik porkihordás, melyet a készülék típusától függően folyamatosan vagy ciklikusan visszajuttatnak.

Az ábrán $E_{1(t)}$ -vel jelölt nyíl a réteg nedvességtartalmának levegőbe történő párolgását jelöli, míg H_r a levegő és réteg közötti hőátadást. A por és a levegő között ugyanilyen jellegű kölcsönhatások mennek végbe ($E_{2(t)}$, H_p).

A berendezés szerkezeti anyagát a 3. ábrán látható módon három részre bontva vettük figyelembe (Berendezés_be, Berendezés, Berendezés_ki), mely jelentős hőtehetetlensége miatt nem elhanyagolható a modellezés során.

Az egyes szerkezeti részekben lévő gázfázisok (Levegő_be, Levegő, Levegő_ki) között a levegőáram nedvességet és hőt visz magával.

A szerkezeti anyag és abban lévő levegő között hőátadás (H_{S1} , H_{S2} , H_{S3}), az egyes szerkezeti részek közt hővezetés van, míg a környezet felé hővesztés (H_{vbe} , H_{vber} , H_{vki}) történik.

A modell előzőekben bemutatott állapot- illetve változáselemeit egy megfelelően strukturált Excel munkafüzetben rögzítettük. A 4. ábra a munkafüzet harmadik lapján összegyűjtött passzív elemeket (állapotokat) mutatja.

A harmadik munkalapon az állapotelemek jellemzőit (tömeg, sűrűség, fajlagos hőkapacitás, kiindulási hőmérséklet és nedvességtartalom) adtuk meg.

4. ábra

A modell állapotelemei

	A	B	C	D	E	F	G	H
3		Egység	Tömeg	Sűrűség	Fajl. hők.	Modell	Hőmérs.	Nedv. tart.
4		neve (1)	kg (2)	kg/m3 (3)	kJ/(kg.fok) (4)	(5)	C (6)	kg/kg (7)
5								
6		Reteg	26 [2]	1520	1.2	granulálás	23 [3]	0.002 [4]
7		Por	0 [6]	1520	1.2		23 [7]	0 [8]
8		Lev	0.26 [10]	1.12	1.04		23 [11]	0.00393 [12]
9		Levbe	0.035 [14]	1.12	1.04		23 [15]	0.00393 [16]
10		Levki	0.258 [18]	1.12	1.04		23 [19]	0.00393 [20]
11		Oldbe	15 [22]	1000	4.18		53 [23]	0.8763 [24]
12		Berbe	50 [26]	7700	0.5		23 [27]	0
13		Ber	250 [29]	7700	0.5		23 [30]	0
14		Berki	200 [32]	7700	0.5		20 [33]	0
15		Korny	10000000000	1.12	1.04		23	0
16						#		

Figure 4: The elementary states involved in the model

Name (see Figure 3)(1), Mass(2), Density(3), Specific heat capacity(4), Model(5), Temperature(6), Humidity(7)

Az 5. ábra az állapotelemek közötti kapcsolatokat mutatja. A munkalapon lehetőség van a réteg és a levegőben lévő szállópor anyag típusonként jellemző párolgási tényezőjének megadására (D6 és D7 cella). Ezen túl az egyes szerkezeti részek és az abban lévő fázisok közti hőátadó felület nagyságát, valamint a különféle anyagok hőátadási tényezőjét is itt rögzíthetjük.

5. ábra

A modell változáselemei

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
2		Folyamat	Folyamat	Sebesség	Egyéb		A bemenő és kimenő jellemzők leírása						
3		neve (1)	tipusa (2)	1/s	paraméter	(5)							
4				kJ/(m2.s.C) (3)	(4)								
5													
6		Párolgas	evap	0.01 [2.382]	kJ/kg		Reteg					Lev	
7		Párolgas	evap	0.001 [2.382]	kJ/kg		Por					Lev	
8		H_Levbe_Berbe	adv heat transfer	0.09 [0.55]	m2		Levbe					Berbe	
9		H_Lev_Ber	adv heat transfer	0.09 [0.97]	m2		Levbe					Ber	
10		H_Levki_Berki	adv heat transfer	0.09 [2.3]	m2		Levki					Berki	
11		H_Berbe_Korny	adv heat transfer	0.01 [0.57]	m2		Berbe					Korny	
12		H_Ber_Korny	adv heat transfer	0.01 [0.97]	m2		Ber					Korny	
13		H_Berki_Korny	adv heat transfer	0.01 [2.5]	m2		Berki					Korny	
14		H_Berbe_Ber	adv heat transfer	0.02 [0.11]	m2		Berbe					Ber	
15		H_Ber_Berki	adv heat transfer	0.02 [0.22]	m2		Ber					Berki	
16		H_Lev_Reteg	adv heat transfer	0.05 [15]	m2		Lev					Reteg	
17		H_Lev_Por	adv heat transfer	0.05 [15]	m2		Lev					Por	
18													

Figure 5: The elementari processes involved in the model

Process name(1), Process type(2), Rate(3), Other parameters(4), Input and output characteristics(5)

A 6. ábrán bemutatott ötödik munkalapon a különféle technológiák ütemezését adhatjuk meg, porlasztási illetve szárítási szakaszonkénti bontásban.

6. ábra

A granulálási technológia ütemezése

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
5											Rázatás					
6	Hozm. egység		Hova egység		Áram jele		Áram típusa		Mennyiség Mérték		Paraméter Mérték		Kezdet		Tartam	
7	(1)		(2)		(3)		(4)		(5)		(6)		(7)		(8)	
8																
9	Y	Levbe	Lev	L1	air				825 m ³ /h	20	C		0	300		
10	Y	Levbe	Lev	L2	air				825 m ³ /h	35	C		300	600		
11	Y	Levbe	Lev	L3	air				733.33333 m ³ /h	50	C		900	640	Kezd	
12	Y	Levbe	Lev	L4	air				566.66667 m ³ /h	50	C		1540	360		
13	Y	Levbe	Lev	L5	air				562.5 m ³ /h	50	C		1900	1200		
14	Y	Levbe	Lev	L6	air				583.33333 m ³ /h	50	C		3100	2600		
15	Y	Levbe	Lev	L7	air				375 m ³ /h	50	C		5700	320		
16	Y	Oldbe	Reteg	P1	fluid				1600 g	27	C		900	640	150	
17	Y	Oldbe	Reteg	P2	fluid				900 g	27	C		1540	360	150	
18	Y	Oldbe	Reteg	P3	fluid				3000 g	27	C		1900	1200	150	
19	Y	Oldbe	Reteg	P4	fluid				6500 g	27	C		3100	2600	150	
20	Y	Oldbe	Reteg	P5	fluid				800 g	27	C		5700	320	150	

Figure 6: Scheduling of the granulation process

From unit(1), To unit(2), Flow ID(3), Flow type(4), Rate or amount(5), Dimension(6), Parameter(7), Dimension(8), Start[s](9), Duration[s](10), Spraying rate[g/min](11), Dust removing shock – On[s](12), Dust removing shock – Off[s](13), Elutriation, A(14), Elutriation, B(15)

A 6. ábrán példaként bemutatott technológia esetében hét levegő befűvási és öt porlasztási szakaszt különböztettünk meg. Természetesen a lehetőség adott az ettől eltérő számú szakaszok megadására is a modellben. Az egyes levegő-befűvási szakaszokra vonatkozóan a gyártási lap alapján megadhatjuk az átlagos légsebességet (F9-F15 cellák), a bemenő levegő hőmérsékletét (H9-H15 cellák), a szakasz időtartamát (K9-K15 cellák), porzsák-lerázatásos készülék esetén a lerázás ciklusait (M9-N15 cellák), valamint egy – jelen pillanatban csak becsült – porkihordást (O9-P15 cellák).

A porlasztási szakaszokra vonatkozóan a beporlasztott oldat mennyiségét (F16-F20 cellák) és hőmérsékletét (H16-H20 cellák) adhatjuk meg. A szakasz időtartama (K16-K20 cellák) és a ciklikus lerázatási idők (M16-N20 cellák) automatikusan átvételre kerülnek a levegő-befűvási szakaszokból.

Munkánk előzményeként a fluidizációs-porlasztásos granulálási technológiák adatainak elemzése során meghatároztunk egy számolási algoritmust (Perry, 1997; Bézy, 2007), mely alapján a generikus szimulátor az előzőekben megadott inputokból végzi a számolást, az eredményeket pedig ugyanennek a munkafüzetnek a hatodik munkalapján jeleníti meg.

A gyártástervezést és méretnövelést segítő módszer kialakítása során az előzőekben bemutatót generikus szimulátorral visszacsatolt kapcsolatban lévő genetikusan algoritmust alkalmaztuk.

A szimulátor az adott technológia szakaszonként szabadon változtatható paramétereit, az ún. lehetőségeteret biztosítja a genetikusan algoritmus számára, melyek a következők:

- a szakaszok időtartama,
- a levegő térfogatárama,
- a levegő hőmérséklete,
- és a porlasztási sebesség.

A genetikusan algoritmus ezekből a diszkrét vagy folytonos paraméterekből változatos variánsokat képez, melyeket számolásra ad át a szimulátornak. A lefutott egyedek értékelését a genetikusan algoritmus végzi, a megadott értékelési szempont szerint.

Esetünkben értékelési szempontként egy, az adatelemzés során a gyártásközi ellenőrzés segítségével anyagtípusonként meghatározott, „jó” rétegállapot diagram követését határoztuk meg.

A genetikus algoritmus által a lehetőségtérből kombinált egyed tehát akkor megfelelő, ha a szimulátor által annak paramétereiből számolt rétegállapot diagram pontjainak eltérése minimális az értékelési szempontként megadott függvény pontjaitól (7. ábra).

7. ábra

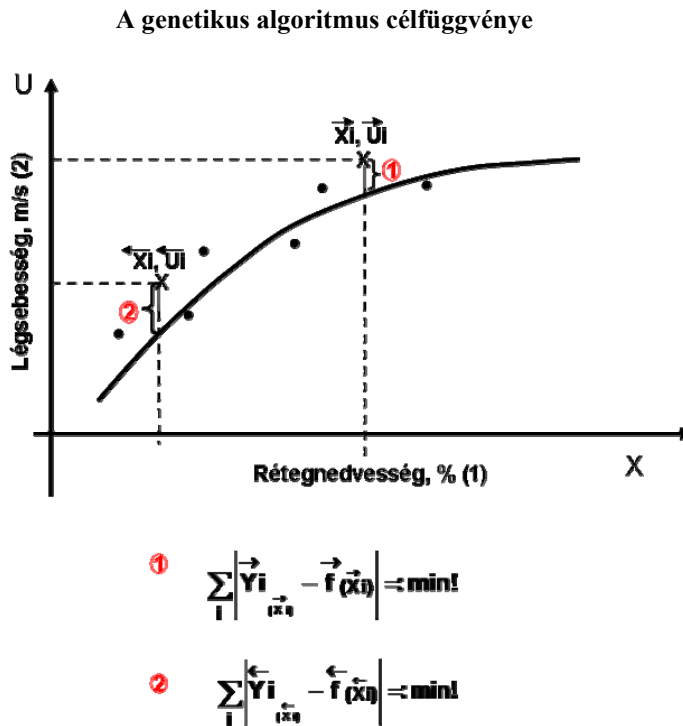


Figure 7: Goal function of the evaluation

Humidity of the bed(1), Linear air flow rate(2)

EREDMÉNYEK

A 8. ábrán egy szűrőgyertyás készülékben gyártott tétel szimulátor által számolt, illetve gyártás során mért rétegállapot diagramját hasonlítottuk össze. A kétféle világosabb, kissé szórt pontok a mért értékeket, a sötétebb vonalak pedig a modell eredményeit jelölik. Megjegyezzük, hogy a munka ezen stádiumában a ciklikus porlerázások figyelembevételét még nem építettük be a modellbe.

A 9. ábra baloldali részén egy gyártás sarzsból visszaszámolt nedvesedési görbét láthatjuk, a világosabb pontok a néhány mintavételből származó nedvességtartalom mérést jelzik. Az ábra jobboldali részén a szimulátor által számolt nedvesedési görbét tüntettük fel, a pontok itt is a mért értékeket jelzik. Az ábra kettős egyezést mutat, a visszaszámolt és szimulált, illetve a mért pontok is jó egyezést mutatnak.

8. ábra

A mért és a modellezett rétegállapot diagram összehasonlítása

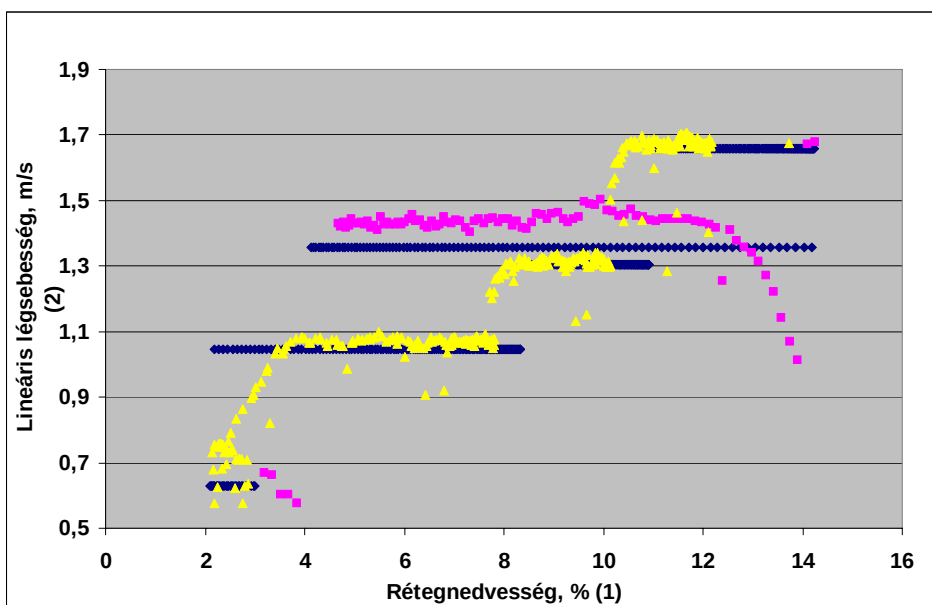


Figure 8: Comparison of measured and calculated bed-state diagram

Humidity of the bed(1), Linear air flow rate(2)

9. ábra

A visszszámolt és mért, illetve a szimulált és mért pontok egyezősége

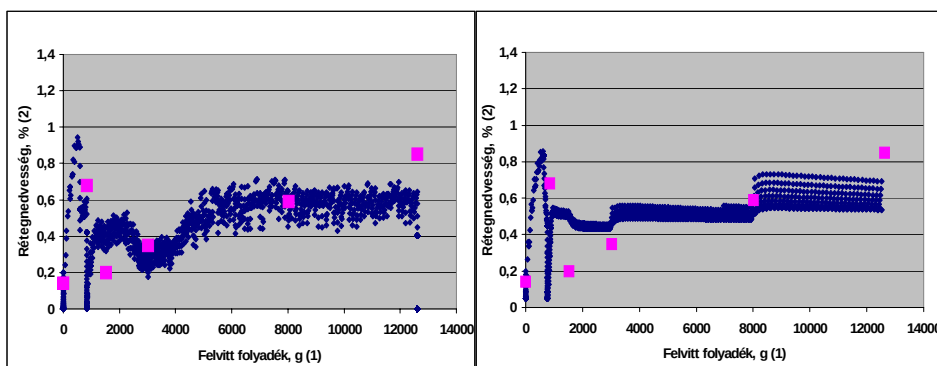


Figure 9: Comparison of calculated (from data acquisition system), measured and simulated data.

Amount of solution(1), Humidity of the bed(2)

A 10. ábra az előbb bemutatott gyártási tétel szimulált rétegállapot diagramját mutatja. A munka ezen fázisában a modellben már a ciklikus lerázásokat is figyelembe vettük.

10. ábra

A modellezett rétegállapot

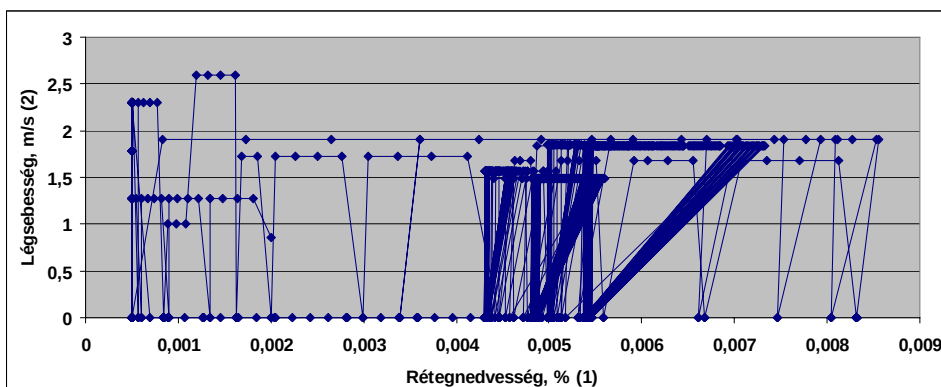


Figure 10: Simulated bed-state diagram

Humidity of the bed(1), Linear air flow rate(2)

KÖVETKEZTETÉSEK

Összefoglalásként elmondhatjuk, hogy kialakítottuk a fluidizációs-porlasztásos granulálás egy újlevű, közepesen bonyolult generikus modelljét, amely kiterjed:

- a szerkezeti anyag hőkapacitását is figyelembe vevő hőmérleg,
- egy kinetikus párolgási modellen alapuló oldószermérleg,
- a munkaszakszonként változó paraméterek, valamint
- a ciklikusan változó szállópor kihordás és lerázás alkalmazás-centrikus leírására.

Ezen túlmenően kialakítottunk egy, a változó agglomerizációs hajlammal összhangban levő mozgásállapotot leíró belső funkcionalitás (rétegállapot diagram) állandóságán alapuló generikus/genetikus tervezést segítő módszert.

Az ismeretlen modell paramétereket egyes anyagokra eredményesen identifikáltuk és validáltuk.

Az elmúlt időszakban megkezdtük a módszer gyakorlati alkalmazását is.

IRODALOM

- R.H. Perry, D.W. (1997). Green: Perry's Chemical Engineers' Handbook, 7th Edition. McGraw-Hill Publishing Co.
- Bézi Z., Virágh M., Nagy T., Meszéna Zs., Varga M., Balogh S., Csukás B. (2007): Fluidizációs-porlasztásos granulálási kísérletek és technológiák kiértékelése és elemzése. Acta Agraria Kaposváriensis. 11. 2. 187-195.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Varga Mónika

Kaposvári Egyetem

7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

University of Kaposvar

H-7400 Kaposvar, Guba S. u. 40.

Tel.: 36-70-320-6556

e-mail: varga@matinf.gtk.u-kaposvar.hu



Egy szállításszervezést segítő modell bemutatása

Bánkuti Gy.

Kaposvári Egyetem, Matematika és Fizika Tanszék, Kaposvár Guba Sándor utca 40.

ÖSSZEFOGLALÁS

A szállításszervező cégek feladata, hogy tehergépjárműveik számára az aktuális jogszabályok (pl. vezetési és pihenő időkre vonatkozó AETR szabályok, ünnepnapai szállítási tilalmak, stb...) betartása és minden külső körülmény (fuvar kínálat, autók paraméterei, benzin árak ...) figyelembevétele mellett a maximális kihasználtságot és ezáltal a maximális bevételt, hasznot biztosító fuvarszerkezetet minden napra, hétre biztosítsák. Ez azonban, mivel a fuvarok dinamikusan változnak heti, napi tervezést, újratervezést jelent. Cikkünkben ezt a munkát végző operátorok munkáját, a fuvarkiválasztást segítő - generikus kétrétegű háló alapú - modellre alapuló szoftver eszköz felépítését bemutatjuk be. Célunk a generikus kétrétegű hálómódel alapú modellezés mikéntjének bemutatása mellett a módszer scheduling típus feladatok modellezésére való alkalmasságának demonstrálása.

(Kulcsszavak: szállításszervezés, modell)

ABSTRACT

Introduction of a Road Transport Organization Supporting Model

Gy. Bánkuti

Kaposvár University , Department of Mathematics an Physics, H-7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

Road Transport Agent's goal is full truck capacity exploitage while consider the current rules - for example Driving and Resting Times Rules (AETR) - and all other circumstances (as free load offers, parameters of their trucks, costs of the fuel, etc.). Besides maximal exploit of their trucks, they want to maximize their income and profit for every day and week. The load offers change dynamically, hour by hour so it means daily and weakly scheduling, re- scheduling. In our paper we want to introduce a methodology supporting the work of the dispatchers of Road Transport Agents, bases on generic bi-layered net model simulation. Our aim is besides showing the modeling steps and the "inside" of the software, to demonstrate sufficiency of our model for scheduling type problems.

(Keywords: road transport organization, model)

BEVEZETÉS

Napjainkban sokszor internetes fuvarbörzékben talál egymásra fuvaroztató és fuvarozó. A szállításszervező cégek vagy csak járműveik teljes kihasználtságának megteremtéséhez az állandó partnereiktől származó fuvarok kiegészítéseként, vagy teljesen ezekre alapozva kötik le kapacitásaikat. A gyakorlatban ez úgy történik, hogy a fuvarszervező az adott börze lekérdezési lehetőségeinek megfelelő (pl. ország-ország vagy irányító számok szerinti viszonylatban) aktuális fuvarkínálatból kézi módszerrel választja ki a számukra legmegfelelőbbnek látszó fuvar, heti fuvarsorrendet. Telefonon, faxon, e-mail-en egyeztet a fuvar megrendelőjével és/vagy – a börze felépítésétől függően - a börze üzemeltetőjével.

Ha sikerül megegyezni a fuvarvállalásban, akkor a fuvar a megrendelő törli a kínálatból. Az ár tehát közvetlen kommunikációban egyedileg alakul ki. Ezen megoldásból következően a fuvarkínálat dinamikusan változik, törölődnek fuvarok és újabbak - időben későbbiek és a felkínáltaknál korábbiak is - kerülnek a börzébe.

Ha a fuvarszervező az aktuális jogszabályok (pl. a vezetési és pihenő időkre vonatkozó AETR szabályok) és egyéb külső körülmények (szállítási tilalmi napok, határon történő torlódások, rossz időjárási viszonyok stb.) figyelembe vétele mellett kívánja járművei útjait megszervezni akkor nagy adatbázisból kell a megfelelő, a hétvégi telephelyre történő visszaérkezést biztosító fuvarkonfigurációt kiválasztania. A megcélzott modell eléréséhez információt szolgáltatott néhány alapismereteket tartalmazó irodalom, Gyenge (2002), Kovács (1998), azonban sem az irodalom sem az internetes fuvarbörzék tanulmányozásakor nem találtunk olyan eszközt, amely magát ezt a kiválasztást hatékonyan segítette volna. Néhány elvi modellt találtunk, pl. Gambardella és Rizzoli (2002). Cikkünkben a Csukás és Bánkuti (2003) ban bemutatott és Csukás és mtsai (2004) jegyzetben részletesen kifejtett módszerrel készített olyan modellt mutatunk be mely képes lehetséges heti fuvarsorrendeket szimulálni és a szimulált variánsokból a kedvezőbbeket kiválasztani és felajánlani. A modellt csak Magyarországon belüli fuvarokkal teszteltük, mivel csak magyar helyiségek közötti keresztávolság adatbázis állt rendelkezésünkre. Az 1. ábrán két lehetséges kaposvári telephelyre visszaérkező demonstrációs célú fuvarsorrend látható. (A szaggatott nyílak üresjáratot jelentenek.)

1. ábra

Magyarországi demonstrációs fuvarsorrendek térképi vizualizációja



Figure 1. Demonstration of a transport sequence on map in Hungary

ANYAG ÉS MÓDSZER

A modell alkotásakor először is a járművek lehetséges állapotait, és az ezek közötti lehetséges átmeneteket kellett számba vennünk. Az idővezérelt állapotátmenetek

többségét a vezetési és pihenő időkre vonatkozó AETR szabályok adják. Ennek egy nagyon rövid kivonata az 2. ábrán látható.

2. ábra

Kivonat a vezetési és pihenő időkre vonatkozó AETR szabályzatból

**A nemzetközi közúti fuvarozást végző
járművek személyzetének munkájáról szóló
európai megállapodás (AETR)**

Napi vezetési idő:

- 9 óra (hetente két alkalommal 10 órára növelhető)

Átlagos heti vezetési idő:

- 56 óra, két egymást követő héten 90 óra

Megszakítás nélküli vezetési idő:

- 4 óra 30 perc

Megszakítások:

- min. 45 perc
- Megszakításnak minősül bármely okból a járművön eltöltött idő állásidő is.

Napi pihenőidő:

- 11 óra megszakítás nélkül

Heti pihenőidő:

- 45 óra megszakítás nélkül
- Telephelyen illetve lakóhelyen eltöltött pihenőidő esetén 36 óra

Figure 2: Driving and Resting Times Rules (AETR)

Modellünkben ezen nagyon összetett szabályrendszerből egyenlőre csak a könnyebben modellezhetőket – kerettel kiemelteket - vettük figyelembe. Modellünk alkalmas a megengedő jellegű, hosszabb időszakokra vonatkozó (heti, havi) korlátok figyelembevételére is, mivel azonban célunk csak módszerünknek a probléma kezelésére történő alkalmasságának bemutatása volt, így ezeket egyenlőre nem szerepeltetjük. A járművek lehetséges állapotainak és az ezek közti lehetséges állapotátmenetek összefoglalása a 3. ábrán látható.

Idővezérelt állapotátmenetet jelentenek a vezetési és pihenő időkre vonatkozó szabályok mellett, pl. a szállítási valamint fel-, és lerakodási idők, melyeket programunkban természetesen csak becsülni tudtunk. A feladat kiválasztás algoritmusát – a szükséges fogalmak megismerése után - cikkünk végén ismertetjük.

Nehézséget jelentett egyrészt a teszt adatok beszerzése, mivel ezen internetes fuvarbörzék használata licensz köteles, ingyenes kipróbálásuk is csak nemzetközi szállításszervezésre jogosult cégek számára lehetséges, akik ezen adatokat nem adhatják tovább. Külső felhasználók csak pl. a 4. ábrán látható korlátozott információkhoz juthatnak.

Hasonlóan az összes lehetséges indulási hely és az érkezési helyek közti távolságot tartalmazó adatbázis beszerzése is nehézséget jelentett. Ezt jelenleg - internetről származó, ingyenes - Access adatbázisból történő lekérdezéssel (mely sajnos nagyon lassú) oldja meg programunk. Tesztelésünket ez korlátozta magyarországi fuvarok vizsgálatára, mivel csak ilyen adatbázist tudtunk beszerezni.

A lehetséges állapotátmenetek feltételi és következmény oldalainak leírását – az általános kétrétegű háló modell alapú szoftver felépítésének megfelelően – Excel lapon kellett megtennünk. Az 5. ábrán ezen lap idővezérelt eseményeket leíró részletét mutatjuk be.

3. ábra

Lehetséges állapotok és állapotátmenetek

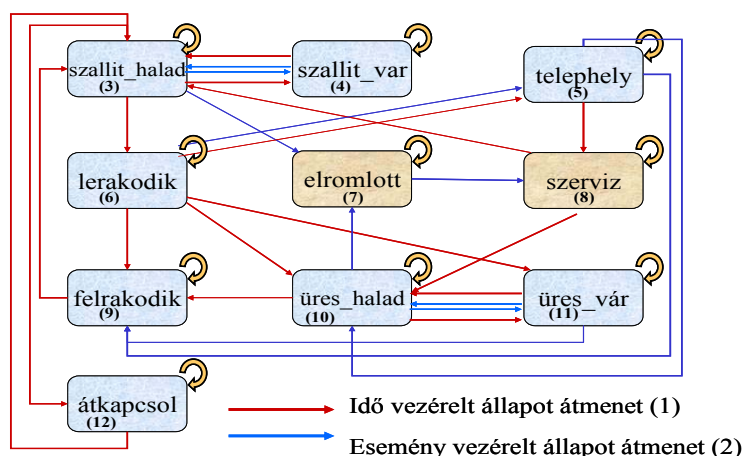


Figure 3: Possible States and Transitions

Time Controlled Transitions(1), Event Controlled Transitions(2), Move & Carry(3), Wait & Carry(4) Home(5) Disload(6) Out of Order(7) Service(8) Load(9), Move & Empty(10), Wait & Empty(11), Swich over(12)

4. ábra

A „Timo Com” Internetes fuvarbörze nyilvános lekérdezési lehetősége

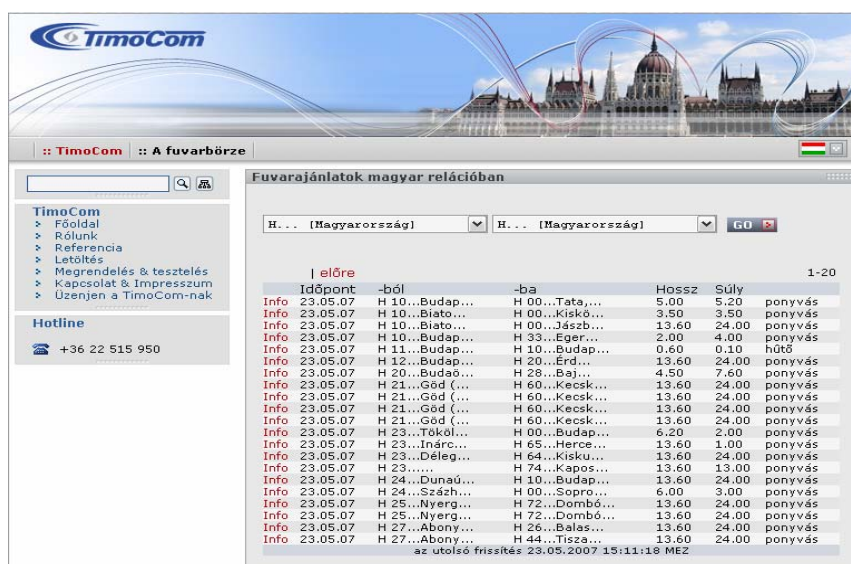


Figure 4: Open information from „Timo Com Truck and Cargo”

5. ábra

Excel táblázat idővezérelt állapotátmenetet leíró részlete

	7	8	10	11	12	13	14	15	17
3	Szabályok inputja és outputja (1)								
4	Input	Hátralevő Eltelt rész Szumma Hátralevő Eltelt Rakodási Hely (10)							
5	Állapot (2)	Feladat(3)	menetidő (4)	menetidő (5)	részmenetidő (6)	pihenőidő (7)	pihenőidő (8)	idő (9)	
6	szállít halad	van	>=DT						indulo
7	szállít halad	van	<DT (11)						indulo (16)
8	szállít halad	van	>4						indulo
9	szállít halad	van			>8.5				indulo
10	szállít halad	van	(12),(13)						indulo
11	szállít var	van	(14)		<DT				indulo
12	lerakodik	van	(15)					>DT	erkezo(17)

	19	20	22	23	24	25	26	27	29
3	Változás:								
4	Output	Hátralevő Eltelt rész Szumma Hátralevő Eltelt pihenőidő Rakodási							
5	Állapot	Feladat	menetidő	menetidő	részmenetidő	pihenőidő (naponta,hetente,)	idő	Hely	
6	szállít halad	van	-DT	+DT	+DT			indulo	
7	lerakodik	nincs	+DT	+DT			kezd	erkezo	
8	szállít var	van			1 -DT	+DT		indulo	
9	szállít var	van			11 -DT	+DT		indulo	
10	elromlott	van						indulo	
11	szállít halad	van	-DT	+DT	+DT			indulo	
12	lerakodik	van				+DT	-DT	erkezo	

Figure 5. Time regulated State Transitions

Inputs and outputs of the Rules(1), Input State(2), Transport Task (3), Transport time ahead(4), Transport part time achieved(5), Summa Transport time(6), Resting Time ahead(7), Resting time passed(8), Time of load and upload(9), Place (Town)(10), $DT = \Delta T$ simulation time step(11), Move & Carry(12), Egsists(13), Wait & Carry/Carry & Wait(14), Upload(15), Departure(16), Arrival(17)

Modellezési módszerként azért a generikus kétrétegű hálómódel alapú modellezést választottuk mert ez scheduling típusú problémánál már bevált. Előnyös volt ez azért is, mert a módszer általános kernel programja rendelkezésünkre állt, így csak a kis generikus egységek definíciót, kapcsolataikat és programjaikat kellett megadnunk.

Az 6. ábrán a modell egy járműre vonatkozó részletén mutatjuk be a modellezési alapfogalmakat, úgy mint: passzív elemek (1) – melyek esetünkben a járműveket jelentik. Aktív elemek (2), melyek a – input oldaluk bekövetkezésekor aktív, „tüzelő” - szabályokat jelentik. Módosítási csatornák (3) melyeken a járművek új állapotai, és az időléptetése jut el a passzív elemekhez. Leolvasási csatornák (4) melyeken a járművek állapot jellemzői jutnak el a szabályokhoz. A csatornák mellett megkülönböztetjük ezek – időben változó – tartalmát is (5), a kiindulási elem baloldali az érzézési elem jobboldali indexként történő feltüntetésével. Az ábrán a 4. ábrával összhangban az (a_1 , a_1 , a_3) aktív elemek (a_1 : szállít_halad $\rightarrow$ szállít_halad; a_2 : szállít_halad $\rightarrow$ lerakodik; a_3 : szállít_halad $\rightarrow$ szállít_var) itt aktuális kapcsolatait tüntettük fel. A további aktív elemeket - az F – feladat kiválasztás kivételével – már nem tüntettük fel.

A kernel program által végrehajtott négyütemű szimuláció menetét, ahogy a passzív elemekre sorban hatnak a szabályok a 7. ábrán az 1. passzív elemre szemléltetjük. Ezután a kernel továbblép a 2., 3., stb. elemekre és minden esetben minden szabályt sorra vesz, megvizsgál. Ha teljesül egy adott szabály feltétel oldala csak akkor érkezik vissza módosítás a módosítási csatornán - az állapot jellemzőkre és időre vonatkozóan. Eltérő esetben akkor is telne az idő amikor csak szabályvizsgálat folyt, ami ellentétes lenne a valósággal.

6. ábra

Az alkalmazott kétrétegű hálómodell egy járműre vonatkozó részlete

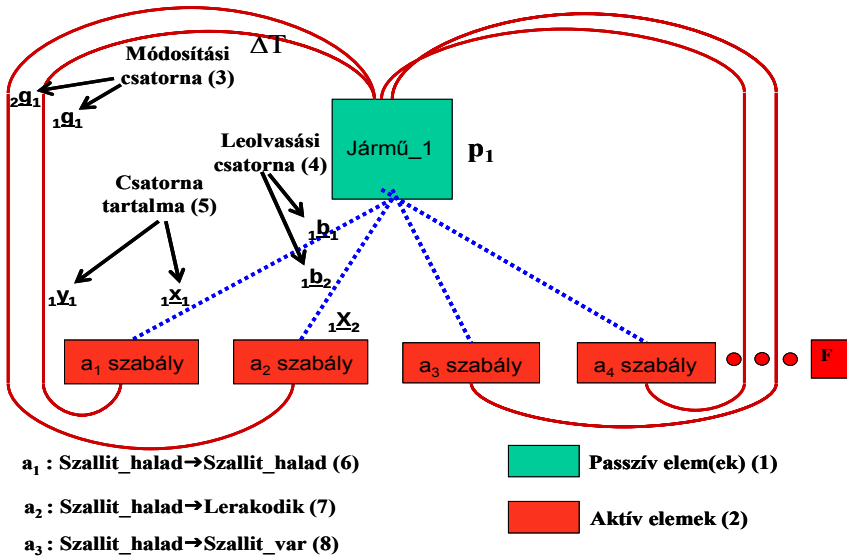


Figure 6: Representation of the Generic Bi-layered Net Model for one Truck

Passive Elements: Trucks(1), Active Elements: Rules(2), Modifying Chanel(3), Reading Chanel(4), Contents of the Chanel(5), a_1 : Move & Carry $\rightarrow$ Move & Carry(6), a_2 : Move & Carry $\rightarrow$ Upload(7), a_3 : Move & Carry $\rightarrow$ Wait & Carry(8)

7. ábra

Példa szabálysorozat végrehajtás az 1. passzív elemre vonatkoztatva

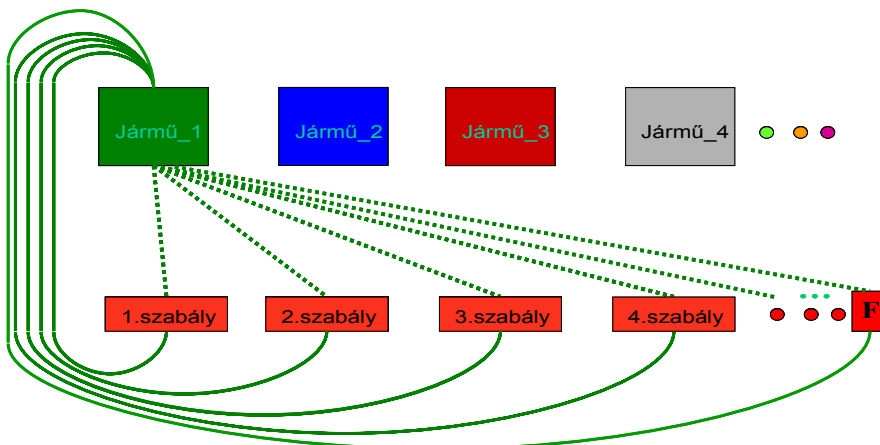


Figure 7: Example Rule Execution for the First Passive Element

8. ábra

Az aktív elemek programjainak generálási technikája

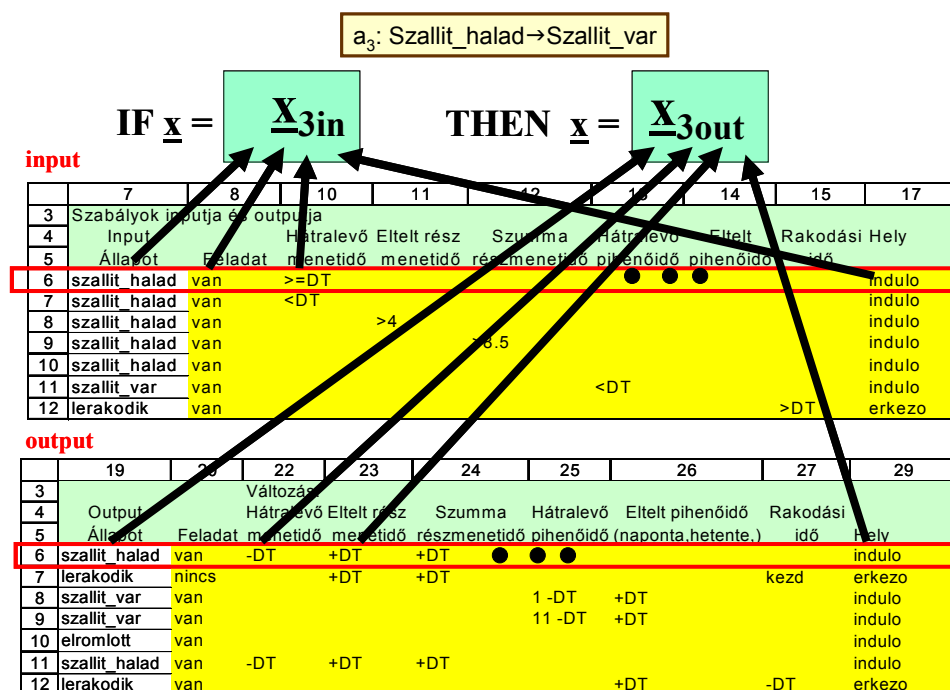


Figure 8.: Generation Technique for the Active Elements' Programs

See Figure 5

Mint már említettük minden szabály input és output oldalát Excel file-ban tudjuk megadni, ami az Excel elterjedtsége, exportálási lehetőségei miatt felhasználó orientáltnak tekinthető. A szabály aktivitás vizsgálatának sematikus ábrázolása a 8. ábrán található. Futáskor azonban nem fordul a kernel program minden vizsgálatkor az Excelhez – mivel az nagyon lassítaná a végrehajtást – hanem az Excel lap alapján belső változókat (pl. $\underline{X_{3in}}$, $\underline{X_{3out}}$) generál.

Szintén Excel lapokon lehet megadni a teherautók paramétereit (3. Excel lap Mj. cikkünkben ábrával nem reprezentált) úgy mint azonosító pl. rendszám, méret, szállítási kapacitás (tonna), speciális tulajdonságok (önrakodó, ponyvás, hűtő, veszélyes anyag szállítására is alkalmas, tartálykocsi, ...).

A szimuláció paramétereit az 1. lapon adhatjuk meg, úgy mint: időlépés, szimulációs időtartam, kiíratási idő egység.

A futás eredményei is ugyanezen Excel tábla 6. lapjára kerülnek. Eredményeink a közismert grafikonkészítési lehetőségekkel – mivel ez ütemezési probléma – nem jeleníthetők meg. Helyette a különböző állapotokat különböző színnel jelölve kaphatjuk eredményünk 9. ábrán látható GANTT diagram reprezentációját.

A fogalmak a szimuláció menetének leírása kapcsán történt ismertetése után most térhetünk át a feladat kiválasztás algoritmusának ismertetésére:

Ehhez vizsgáljuk meg a kiválasztás lehetséges szempontjait. Itt említjük meg az optimális megoldás létezését kizáró tényezőket is.

A 10. ábrán az origóban lévő aktuális tartózkodási helyhez képest reprezentáltunk néhány lehetséges szállítási feladatot.

9. ábra

Az eredmények GANTT diagrammon történő megjelenítése

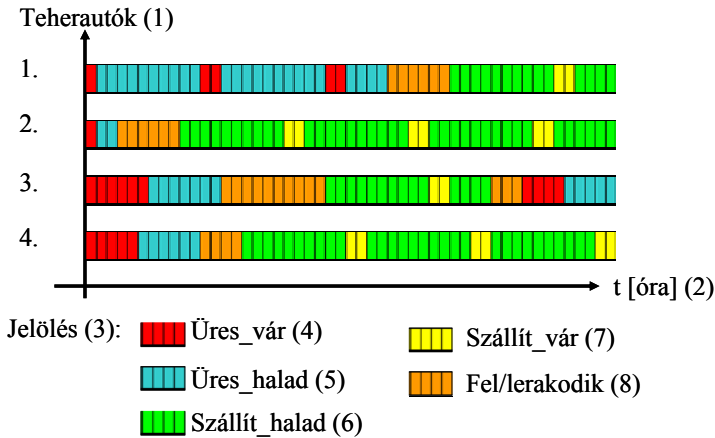


Figure9.: GANTT Chart Wiew of the Results

Trucks(1), Time [hour](2), Sings(3), Wait&Empty(4), Move&Empty(5), Move&Carry(6), Wait&Carry(7), Load/Upload(8)

10. ábra

Szállítási feladatok út idő grafikonon történő megjelenítése

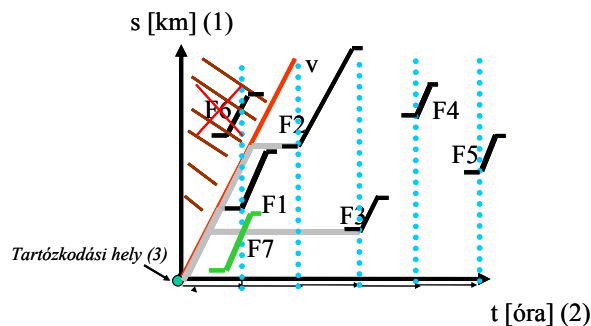


Figure 10.: Grafical Representation of some Transort Task

Route [km] (1), Time [hour] (2), Actual place (town)(3), (4) Velocity

Tegyük fel, hogy feladat kiválasztásunkkor F1-től F6-ig szerepeltek lehetséges fuvarok. A fuvarok ezen koordináta rendszerben azonos meredekségű ferde vonalakként jelennek meg, mivel a haladási sebességet (v) modellünkben konstansnak tekintjük. A vonalhoz csatlakozó vízszintes vonal darabkák pedig a fel és lerakódásokat reprezentálják. A piros vonal feletti (vonalkázott részre eső) feladatok (pl. F6) járműveink számára nem elérhetőek, mivel haladási sebességükkel nem tudnak a feladat felvétel helyszínére érkezni a megkívánt időre. Ezért ezt a feladatot ábránkon át is húztuk. Távolságra, km-ben legközelebbi fuvar F3, ahol jelentős az állásidő, mivel jóval a feladat aktualitása előtt oda tud érkezni autónk. (Természetesen a várakozási idő egy része eltölthető lenne járművünk aktuális helyén is – amennyiben ez egyéb okok (sofőr lakhelye, egyéb elintézni valója, ...) miatt preferált.) Az időben legközelebbi fuvar F1, melyhez éppen a felrakódás megkezdésére ér oda járművünk – ez azonban meglehetősen rövid szállítási utat, azaz kevés bevételt jelent. Ezen fuvar esetében legrövidebb az állásidő is. Ez nem törvényszerű, hogy az időben legrövidebb fuvarnál a legkevesebb az állásidő. „Közeli” hosszabb fuvart jelképez F2, mely több bevételt jelenthet. Azonban figyelembe kell venni a további fuvar lehetőségeket a kötelezően beiktatandó pihenő időket is, (azokkal együtt kell tudni oda érnie a járműnek a fuvarért) hogy a számunkra legjobb heti fuvarsorrendet ki tudjuk választani. Ilyen és ehhez hasonló esetek közül kell az operátornak (a fuvarszervező ügyintézőnek) is választania. Amint lekötött egy fuvar azt törölnie nem lehetséges, mivel azzal az internetes fuvarbörze szabályait szegné meg – ami kizáráshoz vezethet. Ez pedig nagyon jelentős szankció a cégek számára ezért a lemondás nem jöhet szóba. Ekkor tehát pl. az F7-el jelölt, minden szempontból legkedvezőbb – de az autónk lekötése után érkezett - fuvar vállalásától elesett a cég. (Ha nincs más szabad jármű ami megoldaná.) Programunkban a genetikus algoritmus segítségével fenti prioritási, kiválasztási szabályokat változtatva kapunk lehetséges heti fuvarsorrendeket, melyek a vezetési és pihenő időkre vonatkozó szabályok teljesülését is biztosítják. A variálható kiválasztási szabályok tehát az alábbiak:

- a. legközelebbi fuvar (km-ben)
- b. az időben legközelebbi fuvar (leghamarabb felvehető) időben
- c. „közeli” leghosszabb szállítási távolságú/idejű fuvar
- d. a legkevesebb állásidővel realizálható fuvar

Önmagában egyik kiválasztási szempont sem garantálja az optimális fuvar menet konfiguráció kiválasztását, mivel ilyen sok esetben nincs is. Ez úgynevezett „csúszó horizontú” optimalizálási feladat, mivel a feladatok lekötése után is érkezhet számunkra kedvezőbb lehetőség, vagy akár az általunk kiválasztott fuvarról - a telefonos ár és egyéb részlet egyeztetés során - kiderülhet, hogy már lekötötték, csak ez még nem került átvezetésre (törlésre) a rendszerben.

A genetikus algoritmus az alábbi módszerrel tud számunkra megfelelő megoldásokat adni: A lehetőség térből, - mely számunkra természetesen a fuvar kínálat – pl. a fenti négy prioritási szabály alkalmazásaival többféle lehetséges heti fuvar menetrendet határoz meg. Ha tovább „variáljuk” az első járműnek a. prioritás a másodíknak b. stb. szerint választunk fuvar ez ismételten más megoldást ad – főként akkor, ha egyneműek az autók, azaz ugyanazon fuvarok felvételére képesek. Ekkor ugyanis „elviszik egymás elől” a közeli fuvarokat. Ez főként hét eleji indulásoknál jelentkezhet. Amikor csak nagyon kevés esetben van telephelyen kívül jármű, azaz több jármű indul azonos helyről. A több lehetséges megoldás szimulációjának eredményét GANTT diagramokon a 11. ábrán reprezentáljuk.

Mivel minden eseten megtörténik a részletes dinamikus szimuláció, így a becsült költségek és az autótípusonként fixnek tekintett állás és üresjáratok valamint szállítási

kilométer költségek ismeretében az adott heti fuvar javaslat minden egyes km-re, ΔT időre vonatkozó bevétele ($B_{\text{heti } i}$) és kiadása ($K_{\text{heti } i}$) számítható és ezek aggregálhatóak. (11. ábra) Így a heti becsült nyereség ($P_{\text{heti } i}$) mint egyetlen mérőszám szerint összehasonlíthatók a fuvartervek, és választhatók ki a legjobbak. Ezeket ajánlja fel a program szállításszervező cég munkatársának aki egyéb külső megfontolások szerint választhat belőlük.

11. ábra

Több lehetséges megoldás szimulációjának eredménye GANTT diagrammon szemléltetve

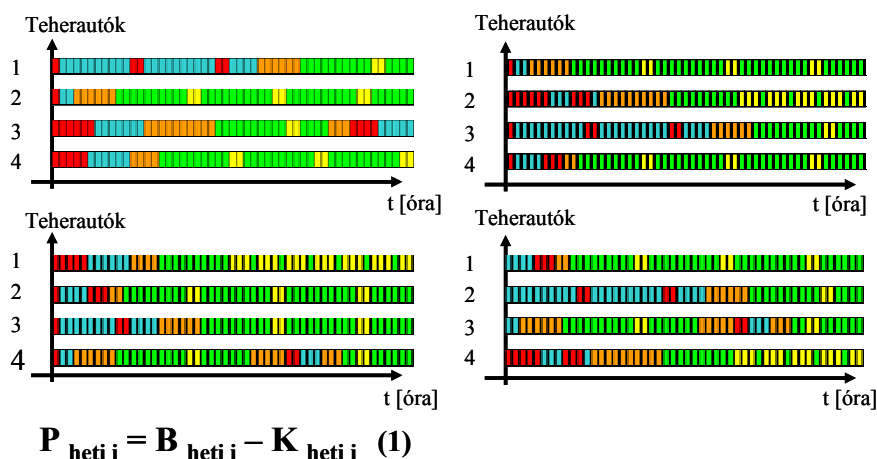


Figure 11.: GANTT Chart View of Possible Transport Program Variations

See Figure 9

EREDMÉNYEK

Megszületett egy szállításszervezés segítésére alkalmas szoftver, melyből az eredmény Excel lapon az állapotok szöveges megjelölésével ΔT időközönként (vagy ennek - tetszőlegesen választható – többszöröse mint kiíratási időlépésenként) az egyes járműveink aktuális állapotait jeleníthetjük meg. Jelenleg modellünk a rendelkezésre álló adatbázis korlát miatt csak magyar - magyar viszonylatban használható és a szükséges aktuális tartózkodási hely és lehetséges feladat felvételi helyek közti távolság ezen Access adatbázisból történő meghívása nagyon lassú. Az áttekinthetőség céljából eredményeink GANTT diagrammon is megjeleníthetők.

ÖSSZEFOGLALÁS

Sikerült szállításszervező cégek munkáját segítő eszközt készíteni, a járművek paramétereinek, a fuvarok, és a vonatkozó szabályok modellezésével, a lehetséges állapot átmenetek meghatározásával, az állapot átmenet feltételeinek és output oldalának az általános kétrétegű hálómódel alapú szimulátor kernel programjához csatlakozó

Excel input felület feltöltésével. Ebben az input és output feladatot is ellátó felületen reprezentálódnak nemcsak az adatokat, hanem a szabályok (aktív elemek is). felírásával. Modellezési munkánk eredményeként internetes fuvarbörzéből vett fuvarkínálatra építve adott cég teherautóinak heti, többheti gazdaságos menetrend választékára tudtunk javaslatot adni.

Nem gondoljuk, hogy megoldásunk helyettesíthetné a szállításszervező alkalmazottak munkáját, tudjuk, hogy sok esetben a telefonos kommunikációban még módosulhat a helyzet (ár, fel és lerakodási idők, stb..) de úgy gondoljuk eszközünk segítséget nyújthat a gyorsabb átlátáshoz – ami ilyen on-line rendszerekben fontos piaci tényező.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A ROP-3.3.1-2004-08-0015/33 szerződés számú „Alkalmazott Informatikai Szolgáltató Tudásközpont a Kaposvári Egyetemen” projekt hallgatói kutatástámogatásának.

IRODALOM

- Gyenge B. (2002). Logisztikai alapismeretek. Egyetemi jegyzet, SZIE GTK : Gödöllő
- Kovács Z. (1998): Logisztika. Veszprémi Egyetemi Kiadó : Veszprém, 1998 ISBN 963 7332 77 4.
- Csukás B., Bánkuti Gy., Balogh S. (2004). Folyamatinformatika. Kaposvár : Kaposvári Egyetem 235.
- Csukás, B., Bánkuti, Gy. (2003). Direct computer mapping of process models. In: Grossmann I.E., MacDonald, C.M. (eds.) Foundations of Computer Aided Process Operations, A View to the Future Integration of R&D, Manufacturing and the Global Supply Chain. AIChE INFORMS. 577-581.
- L.M. Gambardella, A.E. Rizzoli (2002). Petra Funk Planning and Simulation of Combined Rail/Road Transport. Simulation, DOI: 10.1177/0037549702078005551© 2002 Simulation Councils Inc. 78. 5. 293-303.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Bánkuti Gyöngyi

Kaposvári Egyetem, Gazdaságtudományi Kar

Matematika és Fizika Tanszék

7401, Kaposvár, Pf. 16.

University of Kaposvár, Faculty of Economic Science

Department of Mathematics and Physics

H-7401, Kaposvár, POB 16.

Tel.: 36-82-314-155

e-mail: bankuti@matinf.gtk.u-kaposvar.hu



Korszerű forgalomirányító rendszerek leírása állapotterben

Luspay T., Varga I.

Magyar Tudományos Akadémia, Számítástechnikai és Automatizálási Kutató Intézet, Rendszer- és Irányításelméleti
Laboratórium, Budapest, 1111 Kende utca 13-17.

ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk a közúti automatizálás kérdéseinek korszerű rendszer- és irányításelméleti megközelítését mutatja be. A közúti folyamatok modellezése a közlekedési folyamatok speciális tulajdonságait figyelembe véve, klasszikus forgalomtechnikai összefüggésekkel történik. Az ily módon felírt matematikai egyenletek változóit rendszerelméleti szempontból állapotokra, illetve be- és kimenetekre oszthatjuk fel, ezzel egy általános dinamikus rendszerleíráshoz jutunk, a közúti forgalmi rendszerek állapotter modelljéhez. A cikk első része ezeket a modelleket mutatja be saját szimulációs eredményekkel; a városi és az autópálya forgalom leírását állapotterben. Amennyiben rendelkezésünkre állnak a megfelelő modellek, úgy alkalmazhatjuk rá a modern és posztmodern irányításelmélet eszközzeit, tervezhetünk irányításokat és ún. megfigyelőket. Ezek az eszközök képesek sokkal összetettebb feladatok optimális megvalósítására, melyeket hagyományos eszközökkel nem, vagy csak korlátozott módon tudunk végrehajtani. Az cikk második része a közúti változók becslésének eljárását mutatja be, ismertetve az abban elért eredményeket. Ezek az eljárások lehetővé teszik a rendelkezésre álló adatok megsokszorozását, melyeket később felhasználhatunk az irányítás során. Ezt tárgyalja a cikk harmadik része, melyben a közúti folyamatok állapotterben történő irányításának kérdései és néhány esetben válaszai is bemutatásra kerülnek. Először a városi jelzőlámpás forgalomirányítás egyedi és összehangolt vezérlésének irányításelméleti módszerekkel történő megvalósításáról esik szó, melyek bizonyítottan nagyobb áteresztőképességet tesznek lehetővé, mint a klasszikus eljárások. Továbbá a hazánkban még kevésbé ismert autópálya forgalomirányítás módszerei is ismertetésre kerülnek. Szimulációs eredményekkel mutatjuk be, hogy milyen módon javítja az autópályák forgomlefolysását a bemutatásra került irányítási eszközök koordinált használata.

(Kulcsszavak: állapotter-elmélet, közúti közlekedés, állapotbecslés, forgalomirányítás.)

ABSTRACT

Modern traffic control systems in state-space approach

T. Luspay, I. Varga

Hungarian Academy of Sciences, Computer and Automation Research Institute, System and Control Laboratory
H-1111 Budapest, Kende str. 13-17.

The paper deals with the modern system and control theoretical approach of road traffic automation. Classical road traffic modelling takes the special characteristics into consideration, which mathematical equations could be cast into a general state-space form of dynamical systems. The first section of the paper introduces the state-space model of

urban intersections and of freeway traffic flow; the paper also shows the simulation results of these models. Based on these state-space models one could apply the results of the modern and post-modern system- and control theory; one could develop so called observers and optimal control strategies for road traffic systems. The second part of the paper negotiates the results in estimation procedures of road traffic variables. These procedures multiply the available data set which could be used through the controller design procedure. The third part of the paper shows the control problems of road traffic systems. First a simply urban intersection control then the problem of coordinated intersection control has been investigated. The simulation results are quite promising in both cases. Finally the problem of freeway traffic control has been discussed, the paper shows the simulation results of how the coordinated freeway control could prevent traffic breakdown.

(Keywords: state-space theory, road traffic, state estimation, traffic control.)

BEVEZETÉS

Napjaink növekvő forgalmi teljesítményei növekvő igényeket támasztanak a közúti közlekedési rendszerekkel szemben is. A szűk áteresztőképességek illetve balesetek, okozta torlódások mindennapossá váltak, melyek így késésekkel, környezeti, egészségi valamint gazdasági károkkal járnak együtt. A probléma megoldására alapvetően két megoldás nyílik: a közlekedési infrastruktúrák növelése (új utak építése), illetve korszerű irányító rendszerek kifejlesztése és alkalmazása. Az első megoldásnak anyagi és természetbeli korlátai vannak, továbbá csak átmenetileg orvosolná a problémát. A második megoldáshoz azonban alapvető szemléletváltás szükséges. Magyarországon a jelenleg is alkalmazott közúti forgalomfüggő irányítás követési időközön alapuló stratégiája számos esetben nem bizonyul megfelelőnek, hiszen a rendszer csak előre definiált helyzetek kezelésére képes, váratlan eseményekre nem. Ezek a tényezők vezettek egy korszerű, új megközelítéshez mellyel ezek a problémák egy része megoldható. Az 1960-as évektől folyamatosan fejlődő irányításelméleti irányzat, az ún. állapottér elmélet megközelítése és eredményei kézenfekvő megoldásnak tűntek a közúti forgalomirányítási problémák megoldására. Ez a felismerés alapvetően a 1980-as évek végén fogalmazódott meg, ekkor fogalmazták meg állapottérben a közúti folyamatokat és irányítási problémákat. A kutatók közül kiemelkedett Papageorgiou professzor, aki napjainkig tartó kutatói munkájában számos elméleti és gyakorlati eredményt ért el. Azóta több szerző is foglalkozik a közúti forgalomirányítás ezen megközelítésével, azonban ugrásszerű fejlődés illetve gyakorlati alkalmazás a mai napig is ritka. Jelen cikk célja, hogy bemutassa az MTA-SZTAKI Rendszer- és Irányításelméleti Laboratóriumban, valamint a BME Közlekedés-automatikai Tanszékén folyó közlekedésirányítási kutatásban elért eredményeket. A kiindulási pont sok esetben a Papageorgiou által lefektetett modellek, azonban laborunkban olyan új technikákat és módszereket fejlesztettünk ki, melyek sok esetben helyesebbek illetve pontosabbak, mint az eddig kidolgozott eljárások.

KÖZÚTI FOLYAMATOK MODELLEZÉSE ÁLLAPOTTÉRBEN

Állapottér elmélet

A szabályozás elmélet klasszikus, Bode, Nyquist, Nichols nevéhez kötődő, dominánsan frekvencia tartománybeli analízis és szintézis (tervezési) módszerei az 1960-as évektől kezdődően kiegészültek új, főleg időtartománybeli rendszer- és irányításelméleti módszerekkel. Ezeket a modern irányzatokat a rendszer állapot és állapottér bevezetése jel-

lemezte, így a hozzájuk illeszkedő tervezési módszereket állapotter módszereknek nevezzük. Egy rendszer állapotának egy t_0 időpontban azt az információt (olyan jelek ismeretét) nevezzük, amelyből az $u(t)$ bemenőjel ismeretében a rendszer válasza minden $t \geq t_0$ időpontra meghatározható. A rendszer válasza itt a jövőbeli $t \geq t_0$ időpontra vonatkozó állapotokat és kimenőjeleket jelenti. A rendszer állapotait leíró jeleket, illetve ezek függvényeit a rendszer állapotváltozóinak nevezzük, melyek egy állapotterből veszik fel értékeiket. Általánosan egy lineáris dinamikus rendszer állapotter reprezentációját a következő alakban írhatjuk fel folytonos illetve diszkrét időben:

$$\begin{aligned}\dot{x} &= Ax + Bu + Lw \\ y &= Cx + Du + Gv\end{aligned}\tag{1}$$

$$\begin{aligned}x(k+1) &= Ax(k) + Bu(k) + Lw(k) \\ y(k) &= Cx(k) + Du(k) + Gv(k)\end{aligned}\tag{2}$$

ahol: $x \in \mathbf{R}^n$ az állapotvektor, $u \in \mathbf{R}^m$ a bemenőjelek vektora és $y \in \mathbf{R}^p$ a kimenőjelek vektora. Az első egyenlet az ún. állapotdinamikai egyenlet melyben megjelenik a $w \in \mathbf{R}^q$ nulla várható értékű normál eloszlású állapotzaj, a második pedig a megfigyelési (szensor) egyenlet $v \in \mathbf{R}^p$ mérési zajjal terhelve. Az $A \in \mathbf{R}^{n \times n}$ mátrix fejezi ki az állapotok közti kapcsolatot, $B \in \mathbf{R}^{n \times m}$, $L \in \mathbf{R}^{n \times q}$ pedig a bemenet illetve zaj hatását. A lineáris rendszerekhez hasonlóan nemlineáris rendszerek állapotter reprezentációja folytonos és diszkrét időben a következő alakot ölti:

$$\begin{aligned}\dot{x} &= f(x, u, w) \\ y &= h(x, u, v)\end{aligned}\tag{3}$$

$$\begin{aligned}x(k+1) &= f(x(k), u(k), w(k)) \\ y(k) &= h(x(k), u(k), v(k))\end{aligned}\tag{4}$$

ahol f és h nemlineáris vektorváltozós függvényeket jelölnek. Egy rendszer állapotter modelljének meghatározása az állapotváltozók megválasztása után a rendszert leíró mechanikai, elektromos vagy éppen forgalomtechnikai összefüggések szerint történik. (Bokor 1998.) A következőkben bemutatjuk, hogy hogyan lehetséges közúti folyamatok állapotter modelljeinek a megalkotása. A közúti folyamatok időben diszkrét folyamatok, vagyis előre meghatározott időközönként (ciklusidő) kapunk információt a forgalomról, illetve nyílik lehetőség beavatkozni.

Városi kereszteződés forgalmi modellje 1.

Először tekintsünk egy egyszerű négyágú kereszteződést. Jelölje q_i az i -edik ($i=1,2,3,4$) irányból a kereszteződésbe behaladó forgalom nagyságát, hasonlóan y_i az i -edik ágból kihaladó járművek számát. Az ágba beérkező járművek bármely irányba távoznak, továbbá a kereszteződésbe behajtó járművek szükségképpen távoznak is. Ezt az összefüggést, vagyis a kereszteződés megmaradási egyenletét, a következő formában írhatjuk fel:

$$\begin{aligned}y_1(k) &= q_1(k)x_{11}(k) + q_2(k)x_{12}(k) + q_3(k)x_{13}(k) + q_4(k)x_{14}(k) \\ y_2(k) &= q_1(k)x_{21}(k) + q_2(k)x_{22}(k) + q_3(k)x_{23}(k) + q_4(k)x_{24}(k) \\ y_3(k) &= q_1(k)x_{31}(k) + q_2(k)x_{32}(k) + q_3(k)x_{33}(k) + q_4(k)x_{34}(k) \\ y_4(k) &= q_1(k)x_{41}(k) + q_2(k)x_{42}(k) + q_3(k)x_{43}(k) + q_4(k)x_{44}(k)\end{aligned}\tag{5}$$

ahol $x_{ij}(k)$ jelöli az i -edik irányból a j -edik irányba haladó járművek arányát, az ún. fordulási rátát. Tömören írva a kereszteződés megfigyelési egyenlete:

$$y_j(k) = \sum_{i=1}^n q_i(k)x_{ij}(k) + v_j(k) \quad (6)$$

ahol v_j egy nulla várható értékű, normál eloszlású mérési zaj. Az ágakba behajtó járműforgalom mérése is zajjal terhelt, vagyis:

$$q_i(k) = q_i^v(k) + \zeta_i(k) \quad (7)$$

ahol ζ_i nulla várható értékű, normál eloszlású mérési zaj. A rendszer tulajdonságait alapvetően a $q_i(k)$ vektor időbeli viselkedése határozza meg. Ha ugyanis a bejövő ágakban mért járműszám állandó, akkor a rendszer lineáris lesz, ha időben változik, úgy nemlineáris modellt kapunk. A kereszteződés állapotegyenletét, azaz a fordulási ráták közötti összefüggést a következő dinamikus egyenletben írhatjuk fel:

$$x_{ij}(k+1) = x_{ij}(k) + w_{ij}(k) \quad (8)$$

ahol w_{ij} az állapotzaj, melyre a már ismertetett hipotézisek igazak. Amint az jól látható, egy egyszerű csomópont forgalmi viszonyait állapotteres megközelítéssel sikerült egy általános struktúrára hozni. A rendszer állapotai a fordulási ráták, kimenetei az ágakban mért járműforgalmak, míg a modellnek nincs bemenete, az ilyen rendszereket autonóm rendszernek hívjuk. (Varga, 2006.) A következőkben megmutatjuk, hogy az állapotváltozók más megválasztása esetén hogyan írhatjuk fel a kereszteződés modelljét.

Városi kereszteződés forgalmi modellje 2.

A mintarendszer legyen tehát ugyanaz, mint az előző pontban: egy jelzőlámpával irányított négyágú kereszteződés. Az állapotváltozóknak azonban most tekintsük az egyes ágakban kialakuló sorok hosszát és ne a fordulási rátákat. A sorok felépüléséről elmondhatjuk, hogy a k -adik lépésben meglévő járműsor csökken a kihaladó járművek számával, viszont növekszik az ágba beérkező járművek számával. Matematikailag megfogalmazva:

$$x(k+1) = x(k) + x_{be}(k) - x_{ki}(k) \quad (9)$$

A behajtó forgalomnagyságot, hasonlóan az előző modellhez, most is mérjük:

$$x_{be}^m(k) = x_{be}(k) + v_q(k) \quad (10)$$

ahol x_{be}^m jelöli a mért behajtó járműszámot, v_q pedig a mérést terhelő nulla várható értékű normál eloszlású zajt. A kihaló járműszám meghatározása, pedig ideális esetben a zöldidő $u(k)$ hosszával arányos:

$$x_{opt}(k) = q_m u(k) \quad (11)$$

ahol q_m a forgalmi sáv geometriájától és forgalomtechnikájától függő áteresztőképessége. A valóságban azonban a ténylegesen kihaladt járművek száma kisebb mint az optimális:

$$x_{ki}(k) = x_{opt}(k) - x_f(k) \quad (12)$$

ahol x_f a torlódott járművek száma. Az egyenleteket összevetve kaphatjuk a csomópont sorokon alapuló állapottér modelljét:

$$x(k+1) = x(k) + x_{be}^m(k) - q_m u(k) + x_f(k) - v_q(k) \quad (13)$$

A modell állapotváltozói a felépülő sorok hossza, bemenete az egyes ágakba kivezért zöldidő, kimenete pedig a pl. videós érzékelővel mért sorhosszok. Egy négyágú csomópont esetén tehát az állapottér reprezentáció:

$$A = I_4, \quad B = \begin{bmatrix} -q_{m,1} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -q_{m,2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -q_{m,3} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -q_{m,4} \end{bmatrix}, \quad C = I_4 \quad (14)$$

ahol I_4 a 4×4 -es egységmátrix (Varga, 2006).

Autópálya forgalmi modellje

Az autópályák forgalmi modellezése, szemben a városi kereszteződésekkel, jellemzően makroszkopikus, vagyis aggregált jellemzőkkel dolgozik, makroszkopikus forgalomtechnikai változókkal. Ezek a következők: q forgalomnagyság [j/h], ρ forgalomsűrűség [j/km], v térbeli átlagsebesség [km/h]. Az autópálya főirányához a járművek felhajtókon (r) keresztül is csatlakozhatnak és lehajtókon (s) is kiválhatnak. Mivel az autópályán kialakuló forgalom rendkívül összetett és bonyolult, így matematikai megfogalmazása csak kis, mintegy 500 méteres szakaszonként lehetséges, egy ilyen szakaszt hívunk szegmensnek, az egyenleteket tehát térben diszkrétizálva fogalmazzuk meg. A tényt hogy az i -edik szegmensbe belépő járműveknek ki is kell lépniük a következő, áramlás-tanból is ismert megmaradási egyenletnek a formájában fogalmazhatjuk meg:

$$\rho_i(k+1) = \rho_i(k) + \frac{T}{n\Delta_i} [q_{i-1}(k) - q_i(k) + r_i(k) - s_i(k)] \quad (15)$$

ahol T a mintavételi idő, n a szegmens forgalmi sávjainak száma, Δ_i pedig az i -edik szegmens hossza. Ezen túlmenően azonban van a forgalomnak egy speciális, más folyamatokra nem jellemző tulajdonsága amit figyelembe kell venni, miszerint a sűrűség növekedésével az áramlási sebesség speciális módon lecsökken. Ezt az alapösszefüggést fejezzük ki az ún. fundamentális diagrammal, mely a következő módon írható (Lighthill and Whitham, 1955):

$$V(\rho) = v_{free} \exp \left[-\frac{1}{a} \left(\frac{\rho}{\rho_{cr}} \right)^a \right] \quad (16)$$

ahol: v_{free} a szabad áramlás sebessége, a modellparaméter, és ρ_{cr} pedig a kritikus forgalomsűrűség. Jól látható, hogy a függvénynek $\rho = \rho_{cr}$ -nál inflexiós pontja van. Homogén áramlás esetén a sebesség és a forgalomnagyság közötti összefüggés:

$$q_i(k) = v_i(k) \cdot \rho_i(k) \cdot n \quad (17)$$

ami azt jelenti, hogy a maximális kapacitást $\rho = \rho_{cr}$ -nál éri el a szakasz. Az egyes szegmens átlagsebességének kialakulását számos további tényező befolyásolja: az előző szegmens sebessége (áramlási tag), a következő szegmens forgalomsűrűsége (várakozási tag), felhajtó járművek száma. Ezen hatások összessége egy nemlineáris egyenletre vezet:

$$v_i(k+1) = v_i(k) + \frac{T}{\tau} [V(\rho_i(k)) - v_i(k)] + \frac{T}{\Delta_i} v_i(k) [v_{i-1}(k) - v_i(k)] - \frac{\nu T}{\tau \Delta_i} \frac{\rho_{i+1}(k) - \rho_i(k)}{\rho_i(k) + \kappa} - \frac{\delta T}{\Delta_i} \frac{r_i(k) v_i(k)}{\rho_i(k) + \kappa} \quad (18)$$

Az egyenletben megjelenő $\kappa, \tau, \nu, \delta$ illetve a már ismertett ρ_{cr}, v_{free}, a paraméterek ismeretlenek. Meghatározásukra „offline” optimalizációs eljárást dolgoztunk ki, melyet az M3-as autópályá-

ról gyűjtött valós adatokkal teszteltünk, a vizsgált 4,5 kilométeres szakasz elején, közepén és végén voltak detektorok elhelyezve. Az eljárás során felépítettük a szakasz modelljét 500 méteres szegmensekből, majd egy kezdeti paraméter értékkel szimulációt végeztünk. A szimuláció során a modellnek a szakasz elején és végén mért adatokat olvastuk be és vizsgáltuk a középső ponton mért, illetve a modell által számított értékek különbségét. Ez a különbség az ismeretlen paraméterek értékétől függően változhat, cél tehát azon paraméter érték, melynél a funkcionálnak minimuma van. Az algoritmus a paraméterértékeket módosítva minden lépésben futtatja a szimulációt, képi a különbséget és elemzi, hogy lehetséges-e további javulás. Az ily módon beállított modell és a valós adatok összehasonlítását mutatja az 1. ábra.

1. ábra

Autópálya modell és valós mérési adatok összehasonlítása

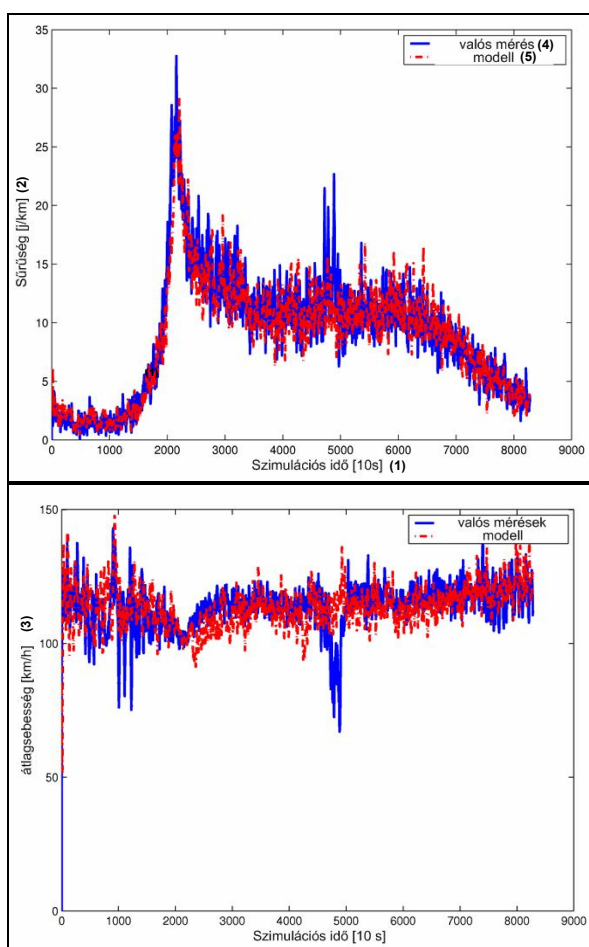


Figure 1: Comparison of freeway model response with detector measurements

Time step [10s](1), Density [veh/km](2), Space-mean speed [km/h](3), Detector measurements(4), Model response(5)

Amint az jól látható, a behangolt modell képes megfelelően reprodukálni a szakasz forgalmi dinamikáját. Ezzel egy kompakt nemlineáris állapotter modellhez jutottunk, melyben az egyes szegmenseket jellemző (ρ_i, q_i, v_i) változókat tekinthetjük az állapotváltozóknak, kimenetnek pedig a mérési pontok adatait. Kérdéses még az u beavatkozó jelek megválasztása, melyre a harmadik pontban adjuk meg a választ (Luspay, 2006).

Több csomópont hálózati modellje

Hálózatok irányításával, a csomópontok összehangolásával nagyobb kapacitást tudunk biztosítani, ennek érdekében vizsgálni kell a csomópontok közti dinamikát. Több egymáshoz közel fekvő csomópont esetén ismét a megmaradási elvből indulhatunk ki, melyet az előzőekkel teljesen analóg matematikai egyenletben fogalmazhatunk meg:

$$x_z(k+1) = x_z(k) + T[q_z(k) - s_z(k) + d_z(k) - h_z(k)] \quad (19)$$

ahol x_z az útszakaszon található járművek száma, q_z a szakasz bemenő járműszáma, h_z a kimenő járműszám, d_z az útszakasz forrása, s_z az útszakaszból kihaló célforgalom. Az egyes tényezőkről a következőket mondhatjuk:

- $q_z(k) = \sum_{w \in I_M} \alpha_{w,z} h_w(k)$, ahol h_w a w irányból kihaló járműszám, $\alpha_{w,z}$ pedig a már ismertett fordulási ráta, melyet vehetünk fixnek vagy változóknak is
- $s_z(k) = \kappa_{z,0} q_z(k)$, ahol $\kappa_{z,0}$ egy fix és ismert célforgalmi tényező
- $h_z(k) = \frac{S_z \sum_{i \in V_z} g_{N,i}(k)}{C}$, ahol S_z az átbocsátó képesség, C a ciklusidő, g pedig a szabadjelzés ideje

Ezek után a megmaradási egyenlet a következő alakot ölti:

$$x_z(k+1) = x_z(k) + T \left[\left(1 - \kappa_{z,0}\right) \sum_{w \in I_M} \alpha_{w,z} \frac{S_w \sum_{i \in V_w} \Delta g_{M,i}(k)}{C} - \frac{S_z \sum_{i \in V_z} \Delta g_{N,i}(k)}{C} \right] \quad (20)$$

mely dinamikus állapotegyenlet jól láthatóan a már bemutatott általános állapotegyenlet formájában írható. Az egyenletben szereplő $\Delta g_{M,i} = g - g^n$ ún. centrált beavatkozó jel, a kivezérelt zöldidőnek a nominális zöldidő értékétől való eltérése (Diakaki, 2002).

ÁLLAPOTBECSLÉS

Egy dinamikus rendszert megfigyelhetőnek nevezünk, amennyiben a rendszer állapotter modelljének és a jövőbeli be- illetve kimenetek ismeretében az állapotok meghatározhatóak. Amennyiben egy rendszer megfigyelhető, azonban állapotait nem tudjuk mérni, úgy tervezhetünk rá ún. állapot-megfigyelőt: ha nem ismerjük az $x(t)$ állapotokat akkor olyan $\hat{x}(t)$ állapotokat képzünk mely aszimptotikusan megközelíti az eredeti állapotokat. Sztochasztikus rendszerek állapota becsülhető ún. Kalman-szűrővel, mely az állapotbecslés mellett a rendszerben felmerülő zajok szűrését is lehetővé teszi, az állapothiba kovarianciájának minimalizálásával. A Kalman-szűrő valószínűségelméleti megfogalmazásban az első két statisztikai momentumot használja fel a hiba csökkentésekor:

$$\begin{aligned} E[x(k)] &= \hat{x}(k) \\ E[(x(k) - \hat{x}(k))(x(k) - \hat{x}(k))^T] &= P(k) \end{aligned} \quad (21)$$

A közúti forgalomirányítás területén különösen fontos és hasznos állapotbecslés lehetséges módszereit ismertetjük a következő fejezetben (Welch, 2004).

Célforgalmi mátrix becslése

A már bemutatott városi kereszteződés modellben a fordulási ráták ismeretlenek, azonban ha ismertek lennének, úgy többlet információhoz jutnánk, ami természetesen pontosabb irányítást tenne lehetővé. A probléma megoldása állapotbecsléssel valósítható meg. Az irodalomban található becslési módszerek Kalman-szűrővel dolgoznak, azonban a fordulási ráta értékei nem vehetnek fel bármilyen értéket, rájuk az alábbi egyenlőségi és egyenlőtlenségi feltételek vonatkoznak:

$$\begin{aligned} 0 &\leq x_{ij}(k) \leq 1 \\ \sum_{j=1}^m x_{ij}(k) &= 1 \end{aligned} \quad (22)$$

Ezeket a korlátozásokat a hagyományos becslési eljárások nem képesek kezelni, az általunk alkalmazott ún. cMHE becslési folyamat során viszont lehetőségünk van korlátozások megadására. A módszer lényege, hogy a feladat során alsó és felső korlátokat fogalmazhatunk meg, mely felhasználásával az állapotbecslés végeredményét már a megadott korlátok teljesülésével kapjuk meg (Rao, 2000). Az eljárás során az előző N darab becslés eredményét is felhasználva kapjuk az eredményt, míg Kalman-szűrő esetén csak az előző becslést tudjuk felhasználni. Az állapotbecslés matematikai megfogalmazás ezek után egy Ψ_k funkcionál minimalizálása, mely a súlyozott állapotzajt és mérési zajt tartalmazza, az előző N lépés becsléseivel, kielégítve a rendszerre előírt dinamikus feltételeket és korlátozásokat. Vagyis:

$$\min_{(\bar{x}_0, \hat{w}_{k-2|k}, \dots, \hat{w}_{k-N|k})} \sum_k \Psi_k \quad (23)$$

Esetünkben a célforgalmi mátrix becslése során felhasznált funkcionál a következő alakban írható fel:

$$\Psi_k = \hat{w}_{k-2|k}^T Q_0^{-1} \hat{w}_{k-2|k} + \hat{w}_{k-1|k}^T Q^{-1} \hat{w}_{k-1|k} + \hat{v}_{k-1|k}^T R^{-1} \hat{v}_{k-1|k} + \hat{v}_{k|k}^T R^{-1} \hat{v}_{k|k} + \Psi_{k-N}^* \quad (24)$$

ahol Q súlymátrix mellett külön súlyoztuk Q_0 -al az N lépéses horizont első elemét. A dinamikai feltételek a következők:

$$\begin{aligned} \hat{x}_{k-1|k} &= \bar{x}_{k-1} + \hat{w}_{k-2|k} \\ \hat{x}_{k|k} &= A\hat{x}_{k-1|k} + G\hat{w}_{k-1|k} \\ y_{k-1} &= C\hat{x}_{k-1|k} + \hat{v}_{k-1|k} \\ y_k &= C\hat{x}_{k|k} + \hat{v}_{k|k} \end{aligned} \quad (25)$$

Továbbá fennállnak a fordulási rátákra felírt állapotkorlátozások is. Az algoritmus tesztelésére 60 perces szimulációt végeztünk, mely eredményei a 2. ábrán láthatóak, összehasonlítva a valós értékekkel. A cMHE eljárást statisztikailag hasonlítottuk össze a Kalman-szűrővel: a becslött állapotváltozók szórásai tizedére csökkentek a cMHE eljárással. A pontosság egyértelműen a fennálló korlátozások betartásának következménye (Kulcsár, 2005).

2. ábra

Fordulási ráták becslése cMHE módszerrel

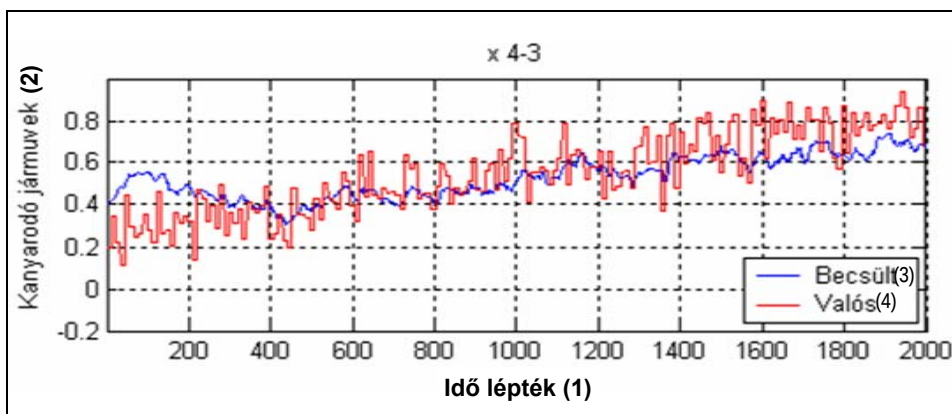


Figure 2: Split rate estimation with cMHE

Time step(1), Turning rates(2), Measurements(3), Estimated(4)

Autópálya állapotbecslő

Az autópályán elhelyezett detektorok, illetve egyéb szenzorok csak telepítésük helyén, lokálisan szolgáltatnak információt a forgalom aktuális lefolyásáról. Az érzékelőket általában 4-5 kilométeres távolságban helyezik el, ezáltal a forgalomról két detektor között közvetlenül nincs információnk. Mint láthattuk a makroszkopikus autópálya modell megfelelően képes szimulálni a valós forgalmi viszonyokat, ezáltal alapjául szolgálhat egy, a nem mért állapotokat becslő, autópálya információkat megsokszorozó algoritmus kifejlesztésére. A munka során nem-lineáris állapotbecslő eljárást, ún. Kiterjesztett Kalman-szűrőt alkalmaztunk. A Kalman-szűrőhöz hasonló elven működő algoritmus annyiban különbözik, hogy a nemlineáris egyenletek aktuális állapotbecslés körüli linearizált modelljével dolgozik (Welch, 2004). A kiterjesztett Kalman-szűrővel végzett állapotbecslési módszert valós adatokkal teszteltük. A már ismertetett mérési elrendezés során az állapotbecslő folyamatosan feldolgozza a szakasz elején és végén mért zajos adatokat, majd a modellegyenletek segítségével a megfelelő algoritmus elvégezte az egyes szegmensek állapotváltozóinak becslését. A középső ellenőrző ponton mért és becsült értékek összehasonlítását mutatja a 3. ábra.

Az autópálya állapotbecslő egy lehetséges alkalmazási célja az ún. Automatikus Esemény Detektáló rendszerek kialakítása. Kutatásunk során kidolgoztunk egy eljárást mely a becsült sebességek gradiensét vizsgálja. Amennyiben éles változást talál a becsült értékek között, úgy a megfelelő kritériumok alapján balesetet riaszt. Ezzel az eljárással gyorsan és 500 méteres pontossággal meghatározhatók az autópályán bekövetkezett balesetek, ezzel emberi életek menthetők meg. Az AED algoritmust sikeresen teszteltük valós adatokkal (Luspay, 2006; Wang, 2005.)

3. ábra

Autópálya sebesség becslése Kiterjesztett Kalman-szűrővel

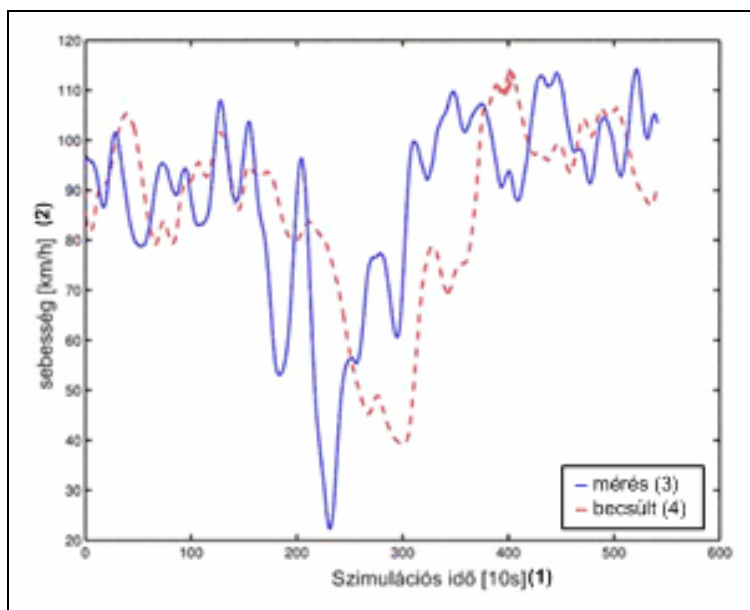


Figure 3: Freeway speed estimation with Extended Kalman Filter

Time step [10s](1), Space-mean speed [km/h](2), Measurements(3), Estimated(4)

OPTIMÁLIS IRÁNYÍTÁSOK ÁLLAPOTTÉRBE

Egy rendszer állapotter modelljét irányíthatónak nevezzük amennyiben megfelelő u bemenőjellel véges $T = t_2 - t_1$ idő alatt a rendszer $x(t_1)$ állapotból tetszőleges $x(t_2) \neq x(t_1)$ állapotba vihető. Az optimális irányítások elve, hogy az adott feladathoz definiálunk egy funkcionált, ún. költségfüggvényt a következő általános alakban:

$$J(x, u) = \frac{1}{2} \int_0^T [x_i^T(t) Q x_i(t) + u_i^T(t) R u_i(t)] dt \quad (26)$$

$$J(k) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N [x_i^T(k) Q x_i(k) + u_i^T(k) R u_i(k)] \quad (27)$$

Mint látható a költségfüggvény két tagból áll: a Q -val súlyozott rendszer energiából és az R -rel súlyozott input energiából. A feladat megoldása a legegyszerűbb esetben a variációs számításból ismert módszerekkel lehetséges: keressük az $u(t)$ bemenő jelet mely minimalizálja az adott költségfüggvényt az állapotdinamikai egyenletek mellett, ez az ún. LQ szabályozás. A bemenő jelet – lineáris esetben – az állapotok megfelelő lineáris kombinációjaként állíthatjuk elő, ez az ún. állapot-visszacsatolás elve. A következőkben röviden ismertetjük miként lehet az irányítási elveket közúti rendszerek esetén alkalmazni (Bokor, 1998).

Városi kereszteződések összehangolt irányítása

Az irányítórendszer felépítésének meghatározása előtt fontos a szabályozás hatáskörének lehatárolása: a lehatárolt hálózatban nem szükséges minden járműoszlopot az optimalizációba bevonni, a költségfüggvényben csak a kiválasztott járműoszlopokat kell szerepeltetni. Az állapotok és beavatkozó jelek meghatározása után a valós hálózat topológiája alapján a modell felépítését kell meghatározni, amely általános összefüggéseit már bemutattuk. Amennyiben az irányításba bevont járműoszlopok száma n , úgy az A mátrix n dimenziós egységmátrix. A B mátrix i -edik sorának j -edik elemét a következő módon határozhatjuk meg: 0 ha az i -edik járműoszlopra a j -edik jelzőcsoport nem hat, illetve a nem zérus hatás mértéke amennyiben hat rá. A hálózat irányításánál ún. MPC szabályozót terveztünk (Maciejowski, 2002), mely algoritmusa a megadott idő horizonon az állapotokat a modell alapján előre meghatározza (predikció), mindezt úgy, hogy a horizont végén az előírt feltételeknek és a költségfüggvénynek is megfelelő állapotok álljanak fenn. A folyamat végén előállt u bemeneti vektor első elemét a szabályozott rendszerre kivezérli, majd a következő lépésben ez ismétlődik ciklikusan. A szabályozási cél teljesülését, a költségfüggvény helyes megválasztásával és megoldásával lehet kielégíteni. A választott költségfüggvényt a sorhosszak minimalizálására írtuk fel, ezután elő kell állítani a horizonon belül az állapotegyenleteket. Ezt a következő módon írhatjuk fel:

$$x_i = \sum_{j=0}^{i-1} A^{i-(j+1)} B u_j + A^i x_0 + i x_{be} \quad i = 1 \dots N \quad (28)$$

mely állapotegyenleteket kifejtve majd a költségfüggvénybe helyettesítve egy kvadrátikus programozási feladatot kapunk, nevezetesen egy kvadrátikus funkcionál minimalizálását kell megoldani az előírt feltételek és korlátozások mellett. A beavatkozó jelre ugyanis számos korlátozás áll fenn. A zöldidő vektor minden elemére alsó és felső korlátot írhatunk:

$$t_{MIN} \leq \bar{u}_i \leq t_{MAX} \quad \forall i \quad (29)$$

továbbá u értéke nem lehet nagyobb, mint egy megadott érték, ami a ciklusidő a közben-ső idők és a minimális szabadjelzés különbsége:

$$H\bar{u} \leq t^{MAX} \quad (30)$$

A feltételek mellett végzett optimalizáció eredményeként előáll a horizontra számított beavatkozó jel sorozat. A vektorokból álló sorozatnak vesszük az első elemét, amit megfeleltetünk a szabad jelzésidőnek. Szimulációs eredmények során a Papageorgiou által kialakított LQ alapú TUC 2000 modellel (Diakaki, 2002) hasonlítottunk össze az MPC alapú irányítást. Az eredmények egyértelműen kimutatták az MPC irányítás helyességét, mivel a módszer képes figyelembe venni az előírt korlátozásokat, ebből kifolyólag a legnagyobb kialakult sorhossz mintegy 33%-kal csökkent az LQ alapú szabályozóhoz képest (Varga, 2006).

Autópálya forgalomirányítás

Az autópályák forgalomirányításnak a következőkben két eszközét mutatjuk be, majd a vonatkozó szimulációs eredményeket. Az egyik, legközvetlenebb beavatkozási lehetőség az autópálya felhajtó ágainak szabályozása jelzőlámpával. Az elérendő irányítási cél az autópályán a főirány kapacitásának maximálása és biztonságosabb közlekedés kialakítása. Amint azt említettük a maximális áteresztőképességet a kritikus forgalomsűrűség mellett érhetjük el, tehát a feladatot úgy fogalmazhatjuk meg, hogy amennyiben a kriti-

kus érték alatt van az aktuális forgalomsűrűség, úgy még növelhetjük a felhajtó járművek számát, majd annak elérése után csökkentenünk kell azt. Ezt a megközelítést a leg-egyszerűbb esetben ún. integráló szabályozóval valósíthatjuk meg, mely minden ciklusban a következő egyenlet szerint határozza meg a felhajtó járművek számát:

$$r(k+1) = r(k) - K(\rho(k) - \rho_{cr}) \quad (31)$$

ami jól láthatóan egy állapot-visszacsatolással megvalósított irányítás. A felhajtó járműszámra ily módon felírt összefüggés jól mutatja a megfogalmazott kritérium teljesülését. Nagyobb szakaszok esetén a felhajtók összehangolt irányítására LQ vagy MPC alapú irányítás is alkalmazható.

A másik szabályozási megoldás a dinamikusan változó sebességek kijelzése VMS táblákkal. A módszer alapelve a következő: több (v_{free}, ρ_{cr}, a) paraméterhármassal kisebb v_{free} -hez a kapacitásra vonatkozó összefüggés alapján kisebb áteresztőképesség tartozik. Amennyiben egy szakasz a torlódás közelében, vagy már torlódott állapotban van, úgy előtte kisebb sebességeket kijelvezve kisebb behaladó forgalmat érhetünk el. Ezzel párhuzamosan a torlódott részen nagyobb sebességek kijelzésével növelhetjük a kihaladó forgalmat. A két hatás eredményeként a járműszám az adott szakaszon csökken. Az irodalomban találhatóak empirikus összefüggések arra, hogy miképpen hat a kijelzett sebesség a kialakuló tényleges sebességre. Ezt felhasználva v_{free} -nek megfelelő különböző modellek között kapcsolgatva irányítjuk az autópálya szakaszt. Természetesen, hasonlóan a városi irányítási stratégiákhoz, autópályán is az összehangolt irányítással érhetjük el a legjobb célokat. Szimulációs eredményeket mutat a 4. ábra, melyen jól látható hogy irányítás nélkül a szakasz forgalma leáll, míg a felhajtó és a sebességhatár-
tok irányításával megelőzhető a torlódás.

4. ábra

Autópálya forgalom összehangolt irányítással és irányítás nélkül

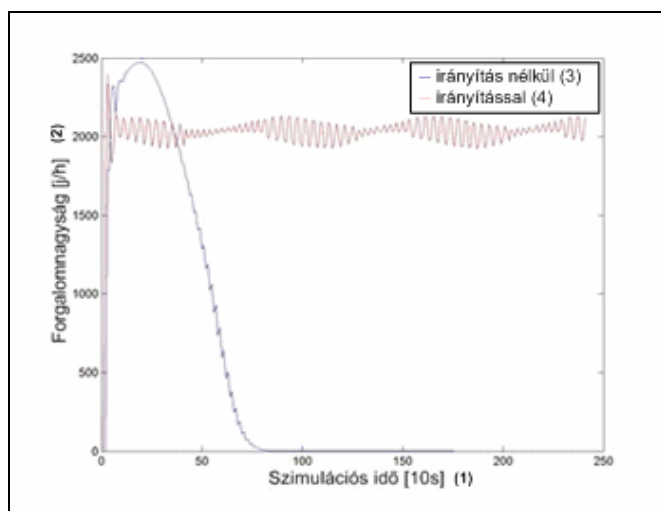


Figure 4: Comparison of freeway flow with traffic control and without traffic control

Time step [10s](1), Traffic flow [veh/h](2), Without control(3), With control(4)

KÖVETKEZTETÉSEK

Amint azt láthattuk a közúti rendszerek állapotterben való modellezése egy olyan szemléletmód, mely forgalomtechnikai szempontból teljesen korrekt azonban lehetővé teszi, hogy a tudományág által elért eredményeket alkalmazzuk közúti forgalomirányításra. A megfigyelő tervezési módszerek alkalmasak a mérési adatok megsokszorozására, majd ezek az adatok felhasználhatóak az irányítás során. Az így kialakított forgalomirányítási kör képes olyan feladatok megoldására, ami hagyományos megközelítéssel lehetetlen. Kutatási céljaink, irányainak a jövőben ezen módszerek további fejlesztése mellett az eredmények gyakorlatban történő megvalósítása.

IRODALOM

- Bokor J., Kurutz K., Kohut M., Gáspár P. (1998). Segédletek az „Irányítástechnika 2” című tárgyhoz. Egyetemi jegyzet BME KAUT : Budapest
- Diakaki C, Papageorgiou M, Aboudolas K. (2002). A multivariable regulator approach to traffic-responsive network-wide signal control. *Control Engineering Practice*, Elsevier Ltd., 10, 183-195.
- Kulcsár B., Varga I., Bokor J. (2005). Constrained Split Rate Estimation by Moving Horizon. 16th IFAC World Congress Prague, Czech Republic, Jul. 3-8, 2005, IFAC2005 DVD \Fullpapers\03276.pdf
- Luspay T. (2006). Automatikus Eseménydetektálás Kalman-szűrővel. BME KAUT, Diplomamunka
- Maciejowski J.M.(2002). Predictive Control with Constraints. Prentice Hall
- Lighthill M.J., Whitham G.B. (1955). On kinematic waves, Part I.: Flood movement in long rivers, Part II.: A theory of traffic flow on long crowded roads. *Proceedings of Royal Society*, A229, 281-345.
- Papageorgiou M., Blosseville J.M., Hadj-Salem H. (1990). Modelling and real-time control of traffic flow on the southern part of Boulevard Peripherique in Paris. *Transpn. Res. A*. 24A. 345-370.
- Rao V.C. (2000). Moving Horizon strategies for the constrained Monitoring and Control of Nonlinear Discrete-Time Systems. PhD Thesis U. Of Wisconsin-Madison
- Varga I. (2006). Közúti folyamatok paramétereinek modell alapú becslése és forgalomfüggő irányítás. BMGE Közlekedésmérnöki Kar, Doktori (PhD) értekezés
- Wang Y., Papageorgiou M., Messmer A. (2005). An Adaptive Freeway Traffic State Estimator and Its Real-Data Testing – Part I-II. ITSC’05 Wien, 2005. Sept. 13-16.
- Welch G., Bishop G. (2004). An Introduction to the Kalman Filter.
<http://www.cs.unc.edu>

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Luspay Tamás

MTA-SZTAKI, Rendszer- és Irányításelméleti Laboratórium

1111 Budapest, Kende utca 13-17

*Hungarian Academy of Sciences, Computer and Automation Research Institute,
System and Control Laboratory*

H-1111 Budapest, Kende str. 13-17.

Tel: 36-01-279-7266

e-mail: tluspay@sztaki.hu



A mitokondrium és a kloroplaszt modellezésének összehasonlító elemzése és tanulságai

Varga M.

Kaposvári Egyetem, Informatika Tanszék, 7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.

ÖSSZEFOGLALÁS

Munkámban egyszerűsített folyamat modell segítségével tanulmányoztam a kloroplaszt és a mitokondrium működésének hasonló illetve eltérő strukturális és funkcionális jellegzetességeit, különös tekintettel a mitokondriális membránhoz, illetve a tylakoid membránhoz kapcsolódó proton és elektron transzporttal kísért folyamatokra, valamint a két kompartment környezeti kapcsolataira. A mitokondriális membrán energiatermelő folyamatának lényege az, hogy a szerves anyag CO_2 képződéssel járó lebontása során $\text{NADH}+\text{H}^+$ illetve FADH_2 formában elvont protonokat és elektronokat O_2 felhasználásával vízzé oxidálja, egyúttal protonáramlással működteti az ADP-ből ATP-t előállító fehérje gépezetet. A tylakoid membrán energiahasznosító folyamatának lényege az, hogy fényenergia felhasználásával a vizet O_2 -re, valamint protonokra és elektronokra bontja és $\text{NADPH}+\text{H}^+$ formájában hidrogént szolgáltat a CO_2 beépítésével járó szerves anyag szintézishez, egyúttal protonáramlással működteti az ADP-ből ATP-t előállító fehérje gépezetet. A kloroplaszt strómája egyetlen reakcióval kapcsolódik a Calvin ciklushoz, és a környezeti kapcsolatok az NADP, $\text{NADPH}+\text{H}^+$, ATP és ADP tároláson keresztül realizálódnak. A mitokondrium belső tere viszont lényegében magában foglalja a teljes Szent-Györgyi ciklust. A mitokondrium és a kloroplaszt membránfolyamatainak lényegét kiemelő, strukturális modelljeit összehasonlítva megállapítottam, hogy a két membránfolyamat legfontosabb fluxusait meghatározó hálózat egyetlen gráfél kivételével csak a gráfélek ellentétes irányításában különbözik egymástól. A többlet gráfél a kloroplasztban egy további elektronkör kialakulását biztosítja. A két ellentett hálózatban az ATP előállító fehérjéjé is „fordítva van bekötve”, ezért mindkét esetben ATP-t termel.

(Kulcsszavak: folyamatmodellezés, sejtprocesszok, mitokondrium, kloroplaszt, hálózat és hálózati elemzés)

ABSTRACT

Structural Model Based Comparative Analysis of Mitochondrion and Chloroplast

M. Varga

University of Kaposvár, Department of Information Technology, University of Kaposvár, H-7400 Kaposvár, Guba S. u. 40

Simplified network models of the essential processes in mitochondrion and in chloroplast have been derived to study the similar and different structural and functional characteristics. Based on the preliminary results the detailed analysis focused on the proton and electron transfer-related fluxes of the mitochondrial and tylakoid membrane. The model analysis extended also to the environmental connections of the two compartments. The energy production of the mitochondrial membrane results from the

decomposition of organic compounds, accompanied with CO_2 production, while the hydrogen forms $\text{NADH}+\text{H}^+$ and FADH_2 , and the membrane processes transfer the protons and the electrons to the terminal oxidation. An associated, increased proton recycle operates the protein machine, producing ATP from ADP. The energy harnessing of the tylakoid membrane results from the photon induced decomposition of water to O_2 , as well as to protons and electrons. The membrane transferred protons and electrons produce hydrogen in the form of $\text{NADPH}+\text{H}^+$ for the CO_2 fixation based synthesis of the organic compounds. Here also a proton recycle operates the ATP pump. In the stroma of the chloroplast only a single reaction of the Calvin cycle takes place, while the environmental connections are organized by the storage of NADP, $\text{NADPH}+\text{H}^+$, ATP and ADP. In contrary, the mitochondrial matrix involves the complete TCA (Szent-Györgyi) cycle. Having compared the structural models developed for the essential membrane processes of mitochondrion and chloroplast, it has been concluded, that the two networks determining the most important fluxes, differ from each other only the fully inversed direction of the edges. A single surplus edge in the chloroplast makes possible the formation of an additional electron cycle. In the two inverse networks the position of the ATP pump is also opposite, that makes possible the ATP production in both case.

(Keywords: process modeling, cell-processes, mitochondrion, chloroplast, net and network analysis)

BEVEZETÉS

A munkát egyfelől az elsősorban humán sejtekben vizsgált, nagyobb méretű metabolikus hálózat modellek identifikálása inspirálta (NIH pályázat, 2006; Wikswo *et al.*, 2006; Varga, 2006), ahol felmerült a mitokondriumban lejátszódó terminális oxidációval integrált szimulációs modellek használatának szükségessége. Másfelől a Tanszéken dolgozó kutató diákok biológiai alapú hidrogén energiahordozó előállítására irányuló munkája a kloroplaszt fényhasznosító folyamatainak elemzéséhez vezetett (Varga és Klobbert, 2007).

A két kompartment részletes felépítése az 1. ábrán hasonlítható össze. Lényeges különbség, hogy a mitokondrium alapvető membránfolyamatai a kompartmentet körülhatároló kettős membrán belső részében játszódnak le, és ezen belül helyezkedik el a citrátkör komponenseit is tartalmazó mátrix. Ezzel szemben az ugyancsak kettős membránnal körülvett kloroplaszt alapvető membrán folyamatai a további belső kompartmentet alkotó tylakoid membránban játszódnak le. A Calvin körhöz kapcsolódó komponenseket tartalmazó stróma a belső membrán és a tylakoid membrán közötti térben található.

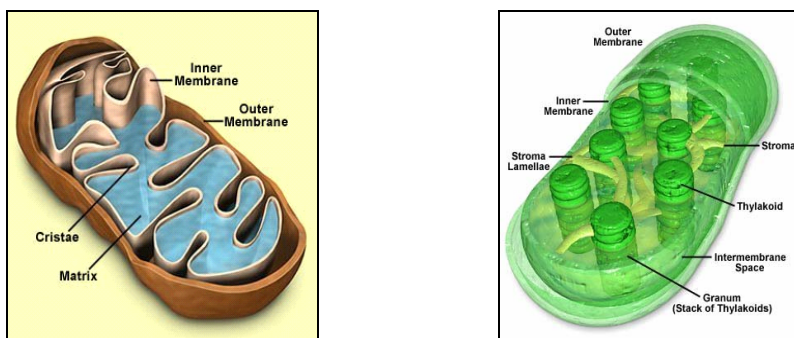
A mitokondrium biológiai atlaszokban látható nagyobb felbontású képét a 2. ábrán mutatjuk be.

Látható, hogy a $\text{NADH}+\text{H}^+ \rightarrow \text{NAD}^+$, illetve $\text{FADH}_2 \rightarrow \text{FAD}$ átalakulásokból származó protonok és elektronok a belső membránban elhelyezkedő I., II., III. és IV. számmal jelölt, összetett fehérje komplexek segítségével jutnak el a terminális oxidációig, ahol a kívülről érkező oxigén felhasználásával vizet állítanak elő.

Az I. komplex katalizálja a $\text{NADH}+\text{H}^+$ oxidációját, miközben protonok pumpálódnak az intermembrán térbe. Az oxidációból származó elektronokat egy ubikinon molekula szállítja a III. fehérjekomplexre. A FADH_2 az I. komplex kikerülésével kapcsolódik az ubikinonhoz, az oxidoredukció során nem történik proton áram a külső térbe.

1. ábra

A mitokondrium és a kloroplaszt szerkezete

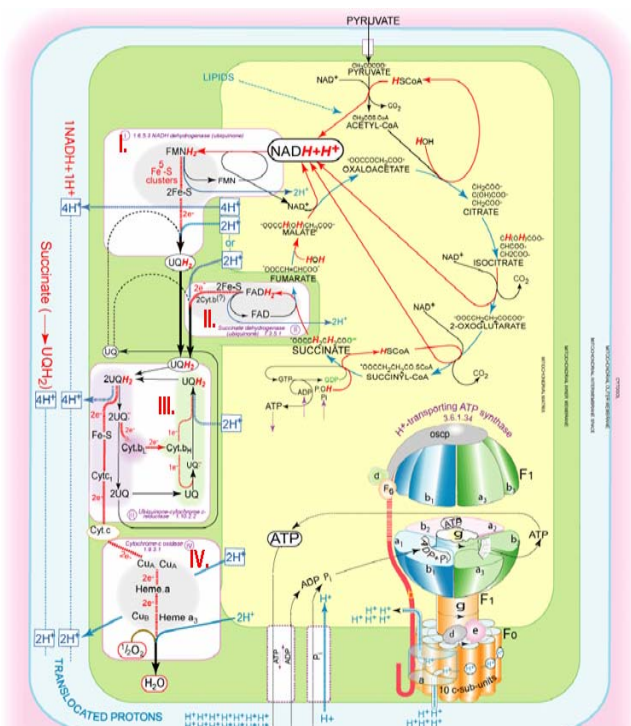


Forrás (Source): <http://sps.k12.ar.us/massengale/images/chloroplast.jpg>, 2007. május 16.

Figure 1: Structure of Mitochondrion and Chloroplast

2. ábra

A mitokondriumban lezajszódó folyamatok



Forrás (Source): Nicholson, D.E.(2007): http://www.sigmaaldrich.com/img/assets/4202/MetabolicPathways_6_17_04_.pdf, 2007. május 16.

Figure 2: Processes of mitochondrion

A komplex III.-ban a QH₂ oxidációja során 2 elektron közül egy a citokróm-c-re kerül, míg a második egy Q-t szemikinonná redukál. Ezek után egy második QH₂ oxidációjával egy elektron ismét a citokróm-c-re kerül, míg a másik elektron az előbbi szemikinont QH₂-vé redukálja.

A IV. komplex a protonok és elektronok segítségével az oxigént vízzé redukálja, miközben további protonokat pumpál a mátrixból az intermembrán térbe.

A légzési lánc szükség esetén az oxidatív foszforiláció szétkapcsolásával nem ATP-t termel, hanem az energia hőtermelésre fordítódik.

A citoszolból alapvetően piruvát formájában lép be az a szerves anyag, amely a TCA (Szent-Györgyi) körben szereplő prekursor metabolitokon keresztül biztosítja a katabolikus folyamatok CO₂ képződése mellett az NAD⁺ → NADH+H⁺, valamint a FAD → FADH₂ reakciók proton ellátását.

A 3. ábrán látható egy példa arra, hogy a mátrixbeli prekursor metabolitok számtalan módon kapcsolódnak a különféle metabolitokat (pl. aminosavakat) építő és bontó (az ábrán ez az eset látható) folyamatokhoz. Ezt figyelembe véve, a mitokondriumot gyakran az élet „hub”-jának is nevezik.

3. ábra

A mitokondrium külső kapcsolatai

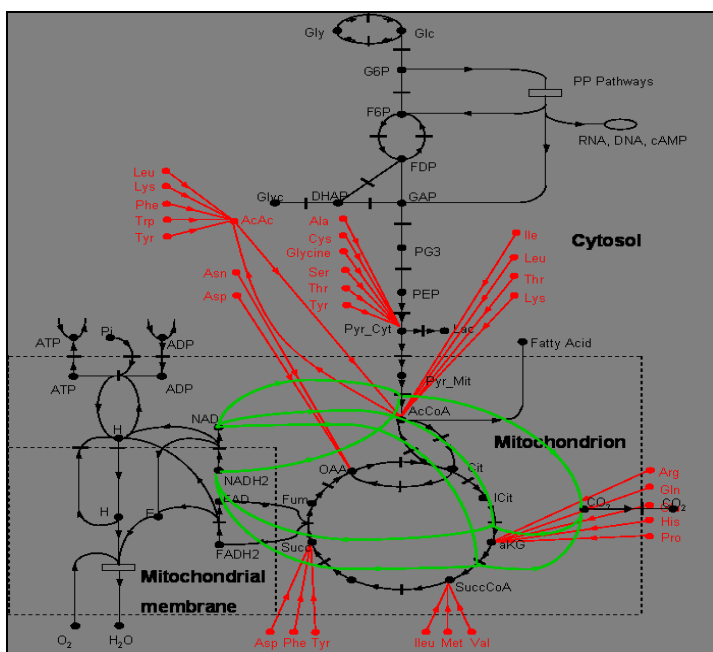


Figure 3: Connections of mitochondrial processes

A kloroplaszt hasonló felbontású képe a 4. ábrán látható. A víz fényenergia hatására bekövetkező, oxigénképződéssel járó bomlása során előállított protonokat és elektronokat a tylakoid membránban elhelyezkedő három összetett fehérjestruktúra (PSII., PSI, és citokróm b₆f rendszer) közvetíti az NADP → NADPH+H⁺ átalakuláshoz. A strómába jutó protonokat egy második ponton bekövetkező fényenergia hasznosítása

által gerjesztett elektron áram – elektroneutrális körülmények között – juttatja vissza a tylakoid membrán lumenén keresztül az ATP pumpához. Így áttételesen a fényenergia biztosítja az ebben az esetben fordított (membrán → stróma) proton árammal meghajtott ATP pumpa energiaszükségletét is.

A folyamat részletesebben a következőkben határozható meg. A folyamat kezdeti szakaszában a második fotokémiai rendszer (PS II.) végzi a víz fényindukált bontását protonokká, elektronokká és molekuláris oxigénné, majd elektronokat a tylakoid membrán lipid fázisában lévő plasztokinonhoz juttatja. Az elnyelt fényenergia hasznosítása először itt történik, az elektronok egy kevésbé negatív redoxpotenciálra juttatásával, vagyis a fényenergia szabadentalpia növekedést eredményez.

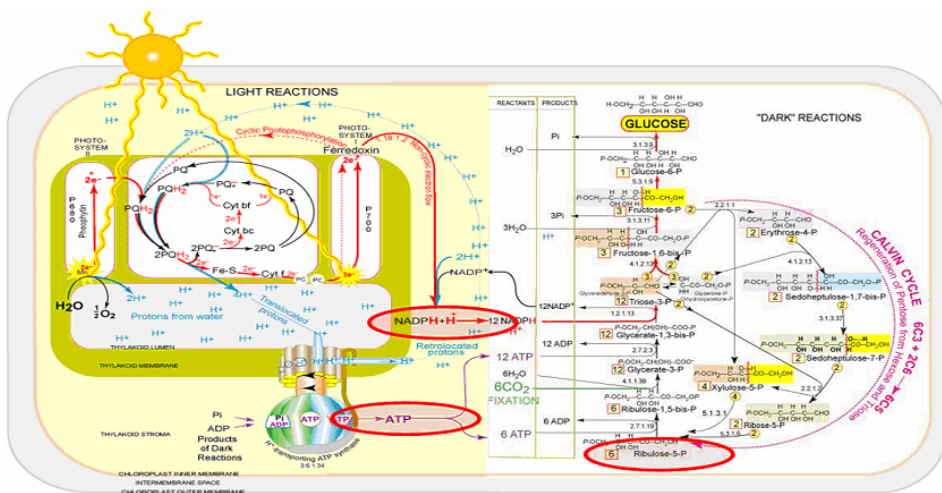
A citokróm b_6f komplex végzi a PS II. által redukált plasztokinon molekulák oxidációját, és továbbítja az általuk hordozott elektronokat a plasztocianinhoz, mely során protonok pumpálódnak a strómából a lumenbe, ami az ATP szintézist hajtó proton gradiens kialakulásának egyik forrása. A plasztocianin által szállított elektronok fényindukció hatására a PS I. rendszerbe kerülnek, ahol egy részük redoxprotein közvetítésével NADP^+ redukciójában vesz részt, másik részük pedig visszakerül a citokróm b_6f komplexre, így létrehozva a ciklikus elektrontranszportot.

A strómába kerülő ribulóz-5-P az előállított ATP egy részének felhasználásával fixálja a környezetből felvett szén-dioxidot.

Amennyiben kevés a környezetből felvett CO_2 és a $\text{NADPH} + \text{H}^+$ nem tudja a Calvin-ciklusnak átadni a hidrogéneket, úgy az ún. ciklikus foszforiláció játszódik le. Ilyenkor a PSI. által kidobott elektron nem a NADP^+ felé terelődik az elektronszállító rendszer révén, hanem a saját pigmentrendszerébe tér vissza, így az ATP-szintézis nem szünetel.

4. ábra

A kloroplasztban lejátszódó folyamatok



Forrás (Source): Lásd 2. ábra; See Figure 2

Figure 4: Processes of chloroplast

A fotoszintézis Calvin ciklusának alapvető része a strómában játszódik le. A fotoszintézis világos és sötét folyamatainak kapcsolása a tárolt NADP, $\text{NADPH} + \text{H}^+$, ADP és ATP segítségével történik. Az ábrán körrel jelölt komponensek tárolják a nappal „termelt” energiát, megteremtve ezzel a kapcsolatot a nappal ill. éjszaka játszódó folyamatok között.

ANYAG ÉS MÓDSZER

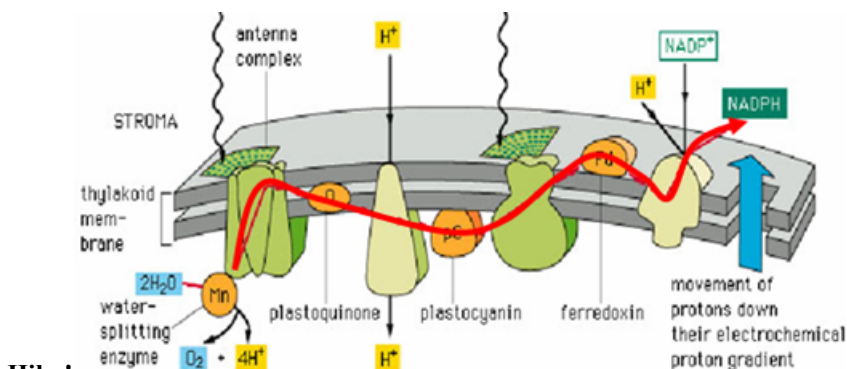
A mitokondrium és a kloroplaszt folyamatainak modellezésre kétféle módszer alkalmazása szükséges attól függően, hogy a vizsgált folyamatok a membránban vagy az azzal határolt belső térben játszódnak-e le.

A mitokondrium mátrixában és a kloroplaszt strómájában végbemenő folyamatok esetében kinetikai és egyensúlyi állandókon alapuló mérlegmodellt írhatunk fel, e térrészekben ugyanis a komponensekre koncentráció állapítható meg, és a különféle anyagok felhalmozódhatnak, illetve elfogyhatnak.

Ezzel szemben, a membránfolyamatok esetében az 5. ábrán is jól látható módon a komponensek nem jellemezhetők koncentrációval, hiszen az elektronok és protonok nem dúsulhatnak fel, illetve fogyhatnak el. Az 5. ábrán a tylakoid membránban végighaladó, két különböző helyen hasznosított fotonok energiája által gerjesztett elektronáramot kísérelhetjük figyelemmel. A folyamat leginkább egymás után haladó komponensek áramaként jellemezhető, melyre fluxusmodellt írhatunk fel.

5. ábra

Egy membránfolyamatokra jellemző elektronáram



Hiba!

Forrás (Source): <http://www.cas.vanderbilt.edu/bcsci111a/photosynthesis/thylakoid-membrane.gif>, 2007. május 16.

Figure 5: Electron flow in membrane, as a typical membrane process

A kloroplaszt és a mitokondrium membránfolyamatainak elemzésére egyszerűsítő, és lényegkiemelő hálózat struktúrákat készítettünk a következő jelölések bevezetésével: a kör alakú gráfpontok az elemi komponenseket, a vonalka alakú gráfpontok az átalakulásokat, illetve transzportokat, míg a nyilakkal irányított gráfélek a folyamatok lejátszódásának irányát jelzik.

EREDMÉNYEK

A 6. ábrán látható a mitokondrium membránjának folyamatait leíró egyszerű struktúra, melyen a vastagított vonalak jelzik a folyamatokat kísérő elektron és proton fluxusokat.

A különféle fluxusok jelölései, valamint az azok közti összefüggések a következők. V_{FADH_2} és V_{NADH+H^+} -val jelöltük a $FADH_2$ illetve $NADH+H^+$ bomlásából származó, és a folyamat végén H_2O formájában távozó elektronok és protonok áramait; V_H -val az ATP képződés energiáját biztosító belső többlet protonáramot, V_E -vel a többlet protonáram „meghajtására” szolgáló belső elektronkört; végül V_{ATP} -vel és V_{H_2O} -val az ATP ill. víz képződésének sebességét. A „belső elektronkör” kifejezés azon elektronok energiáját jelöli, melyek a komplexekre történő „továbbadásakor” protont löknek az intermembrán térbe. A felsorolt hat változó között a következő három összefüggést írhatjuk fel.

$$V_{ATP} = (2V_{NADH+H^+} + 2V_{FADH_2} + V_H) / m, \quad (1)$$

ahol m az egységnyi ATP képződéséhez szükséges protonok számát jelöli.

$$V_E = V_H - 2V_{H_2O} \quad (2)$$

A belső elektronkör árama a proton- és elektronáram (kétszeres) különbségeként írható fel.

$$V_{H_2O} = V_{NADH+H^+} + V_{FADH_2} \quad (3)$$

A vízképződés sebességét a $NADH+H^+$ és $FADH_2$ átalakulásából származó proton és elektron képződési sebessége határozza meg.

6. ábra

A mitokondrium folyamatainak struktúrája

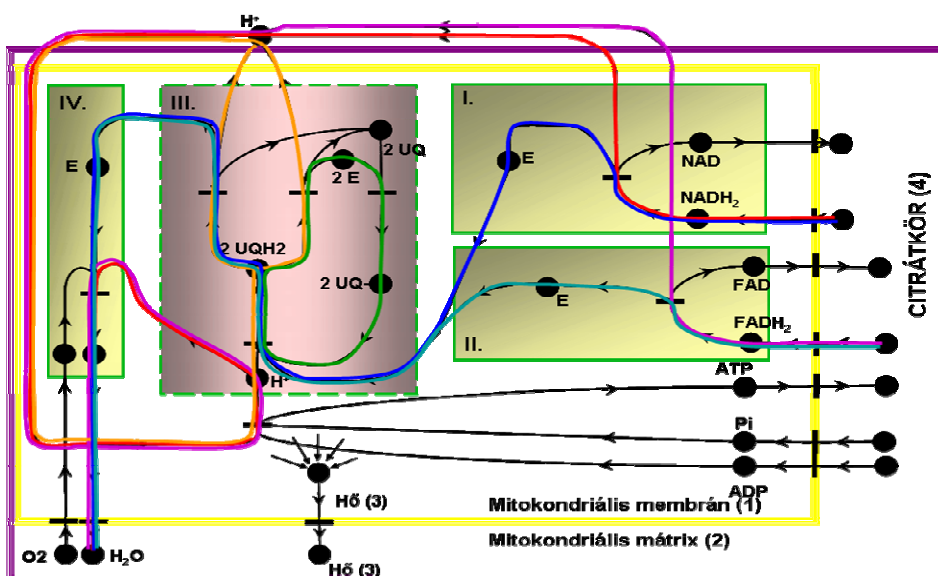


Figure 6: Structure of processes in mitochondrion

Mitochondrial membran(1), Mitochondrial matrix(2), Heat(3), TCA cycle(4)

A kloroplaszt folyamatait tartalmazó, az előzőekkel sok tekintetben analóg, egyszerűsített struktúrát a 7. ábrán mutatjuk be. Az elektron és protonáramokat itt is a vastagított vonalak jelölik, melyek a következők.

A $\text{NADP} \rightarrow \text{NADPH} + \text{H}^+$ átalakítás határozza meg a vízbontásból származó protonok és elektronok „felhasználásának” sebességét, ezért ezeket a proton és elektronfluxusokat V_{NADP} -vel jelöltük. Az ATP képződést biztosító belső többlet protonáramot V_{H} szimbolizálja, a többlet protonkör meghajtását jelen esetben két belső elektronkör segíti, melyeket V_{E1} és V_{E2} -vel jelöltünk. Az ATP képződésének sebességét V_{ATP} jelzi. A változók közt az alábbi összefüggések írhatók fel.

$$V_{\text{H}} = V_{\text{E1}} + V_{\text{E2}} \quad (4)$$

A többlet proton recirkulációjának sebességét a két belső elektronkör sebessége határozza meg.

$$V_{\text{ATP}} = (V_{\text{H}} + 2V_{\text{NADP}}) / n \quad (4)$$

ahol n az ATP keletkezéséhez szükséges protonok száma.

7. ábra

A kloroplaszt folyamatainak struktúrája

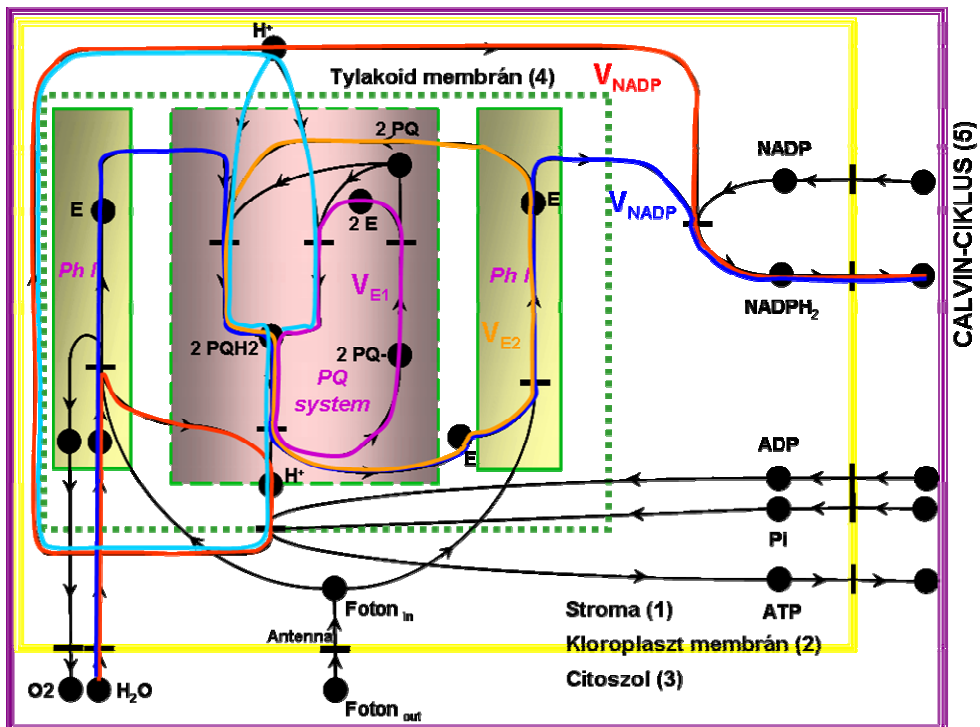


Figure 7: Structure of processes in chloroplast

Stroma(1), Chloroplast membran(2), Cytosol(3), Tylakoid membran(4), Calvin cycle(5)

KÖVETKEZTETÉSEK

A két kompartmentben lejátszódó folyamatok hálózata – néhány később felsorolt kivételtől eltekintve – struktúrájában azonos, a gráfélek irányítása pedig éppen ellentett. Az ellentett hálózat struktúra eltérő funkcionalitásban nyilvánul meg. A 8. ábrán a két hálózat eltérő és azonos jellemzői láthatók.

8. ábra

A mitokondrium és a kloroplaszt hálózatának összehasonlítása

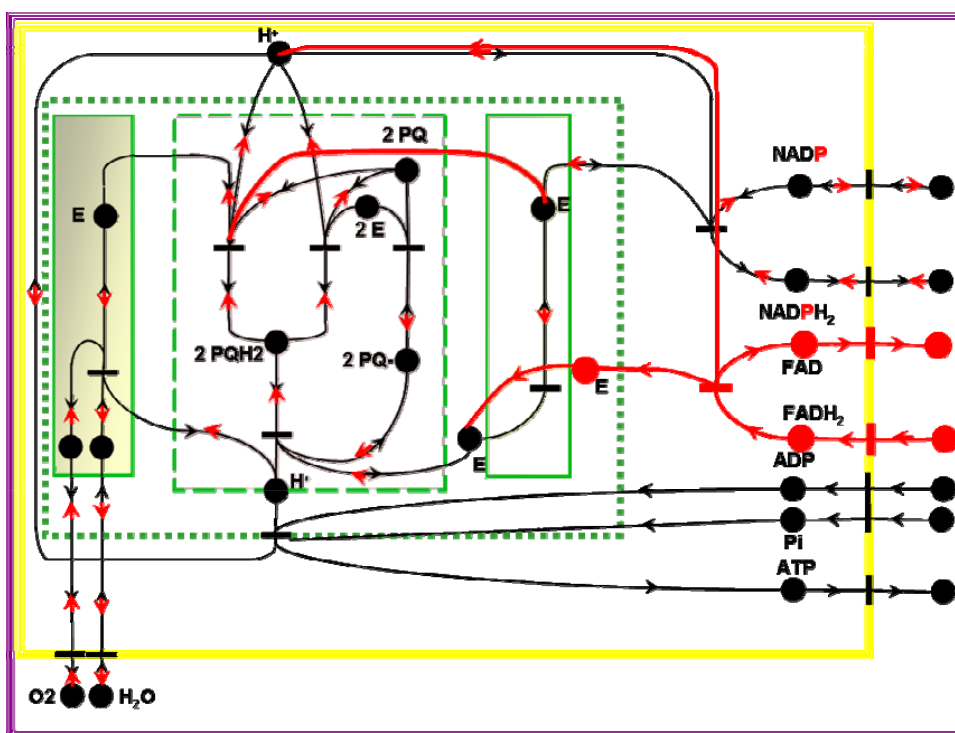


Figure 8: Comparison of investigated networks

A strukturális modell különbségei a következőkben foglalhatók össze:

- A mitokondrium esetében a citrátkörben képződő $\text{NADH} + \text{H}^+$ és FADH_2 által leadott hidrogének elektronjai és protonjai a folyamat végén a kívülről érkező oxigénnel reagálva H_2O -t képeznek. A kloroplaszt esetében éppen fordított a helyzet, a felvett víz bontása történik fényenergia segítségével protonra, elektronra és oxigénre. Az így keletkező protonok és elektronok egy része $\text{NADPH} + \text{H}^+$ termelésre fordítódik.
- A mitokondriumban a folyamatok során hő termelődhet, a kloroplaszt pedig külső energiát (fényenergia $\rightarrow$ kémiai energia) hasznosít a reakciók során.
- A biológiai ATP gép szerkezete és működése azonos, de membránbeli elhelyezkedése ellentétes. Az ellentett struktúrában természetes módon így valósul meg az ATP termelés funkcionális azonossága.

- Kloroplaszt esetében a membránban egy többlet elektronkör működik a mitokondriumhoz képest.

Összességében megállapíthatjuk, hogy az elsődlegesen energiatermelő mitokondrium és az elsődlegesen külső energiát hasznosító kloroplaszt membránfolyamatainak lényegét kiemelő strukturális modelljeit összehasonlítva:

- a membránfolyamatok hálózatában a gráfélek ellentétes irányításúak,
- a biológiai „ATP gép” fordított elhelyezkedésű,
- és a kloroplasztban egy második elektronkör működik.

Ennek következtében az irányítás nélkül közel izomorf, de ellentett irányítású struktúrák pontosan ellentétes irányú funkciókat valósítanak meg. Kivételt képez az ATP-t előállító fehérje gépezet, amely maga is fordítva van bekötve az ellentett irányítású hálózatba, így a belülről termelt, illetve kívülről érkező energia utánpótlás esetén egyaránt ATP-t termel.

A két vizsgált sejtalkotó kompartment lényegkiemelő modelljét felépítő ellentétes irányítású struktúrák által megvalósított ellenkező irányú folyamatok érdekes példát mutatnak a biológiai rendszerek működése szempontjából fontos struktúra-funkció relációra.

IRODALOM

- Wiksw, J.P., Prokop, A., Baudenbacher, F., Cliffl, D., Csukas, B., Velkovsky M. (2006): The Engineering Challenges of BioNEMS: The Integration of Microfluidics, and Micro- and Nanodevices, Models, and External Control for System Biology. IEE Proc. Nanobiotechnology. 153. 4. 81-101.
- NIH pályázat (2006): Tools for Metabolomics: Experiments, Models and Analysis. A Vanderbilt University és a Kaposvári Egyetem együttműködésében készített NIH pályázat kézírata
- Varga M. (2006): Egy nagyobb méretű metabolikus modell kifejlesztése. Modell leírás és előzetes eredmények. Acta Agraria Kaposváriensis. 10. 3. 153-161.
- Varga N., Klobert R.(2007): Lépések a mesterséges kloroplaszt alapú hidrogén termelés megvalósítása felé egy új számítógépi szimulációs módszer alkalmazásával. 16. Ifjúsági Tudományos és Innovációs Tehetségkutató Verseny

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Varga Mónika
Kaposvári Egyetem,
7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.
University of Kaposvar,
H-7400 Kaposvar, Guba S. u. 40.
Tel.: 36-70-320-6556
e-mail: varga@matinf.gtk.u-kaposvar.hu



Complexity Reduction of Local Linear Models Extracted from Neural Networks

T. Kenesei, B. Feil, J. Abonyi

University of Pannonia, Department of Process Engineering, P.O. Box 158, H-8201, Veszprem, Hungary,

ABSTRACT

Nonlinear black-box models have become more and more important not only in research but also in industrial practice. However, their main disadvantage is that they are often too complex and not interpretable; therefore it is a hard and complex task to validate them by human experts. It is a challenge how a priori knowledge can be utilized and integrated into the black-box modeling approach. This could be a difficult multi-stage process. One of these steps can be the reduction of the identified model. It is also important from the viewpoint of overparameterization and to reduce the time and computational demand of the model. This article would like to show how model reduction techniques can be used for complexity reduction purposes by local models from neural networks. A possible method family is orthogonal techniques. These methods can roughly be divided into two groups: the rank revealing ones like SVD-QR algorithm and those that evaluate the individual contribution of the rule or local models, like the orthogonal least-squares approach (OLS). This later technique requires more computations, but for system identification purposes it is preferable as it gives a better approximation result. Apart from that, other methods can also be used to reduce the number of local models: the most similar models can be merged together. The analyzed methods are used for knowledge discovery purposes from neural networks. (Keywords: model reduction, model transformation, knowledge discovery.)

ÖSSZEFOGLALÁS

Neurális hálózatok értelmezhetősége és annak javítása

Kenesei T., Feil B., Abonyi J.

Pannon Egyetem, Folyamatmérnöki Intézeti Tanszék, Postafiók 158, 8201, Veszprém

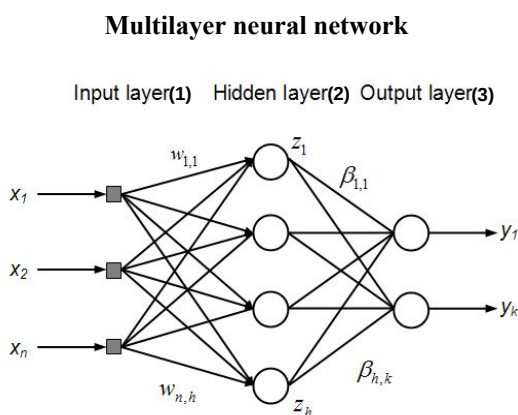
A nemlineáris fekete doboz modellezési technikák napjainkra különösen fontossá váltak nemcsak a tudományos kutatás, hanem az ipari alkalmazás területén is. Fekete doboz modellek lévén legnagyobb hátrányuk, hogy struktúrájuk, illetve paramétereik nem értelmezhetők. Ennek köszönhetően e modellek optimális struktúrájának meghatározása és validálása rendkívül nehéz. Szintén e fekete doboz jelleg miatt jelent nagy kihívást, hogy miként lehet a modellalkotás során előzetes információk felhasználásával javítani a modellezési teljesítményt. A fekete doboz modellek struktúrájának meghatározása tehát többlépcsős folyamat, mely általában egy komplex modell redukálásán alapul. A modell redukció a túlparaméterezés elkerülése miatt kiemelt fontosságú, továbbá használatával számítási idő nyerhető. Cikkünkben azt kívánjuk megmutatni, hogy redukciós technikák segítségével milyen módon lehetséges a fekete doboz modellek komplexitásának csökkentése. Az egyik lehetséges út az ortogonális technikák használata, melyek két további csoportba oszthatók: az ortogonális legkisebb négyzetek módszere (OLS), illetve a rangsoroló SVD-QR

technikák. Az OLS sokkal számításgényesebb, de jó közelítést adó eredményei miatt preferált az identifikációs technikák használata során. A cikk egy, a neurális hálózatok értelmezhetővé tételére alkalmas eljárást mutat be, továbbá ismerteti az így kapott szabálybázis redukálását OLS segítségével. A bemutatásra kerülő eredmények a kidolgozott neurális hálózat részletes analizisére és redukciójára alkalmas technika széleskörű alkalmazhatóságát vetítik előre. (Kulcsszavak: modell redukció, modell transzformáció, tudásfeltárás.)

INTRODUCTION

Nonlinear black-box models have become more and more important not only in research but also in industrial practice. One of the most often used types of black-box models is neural networks (NN). This type of nonlinear models can be used effectively for many purposes including business decision systems (Setiono, 2000), engineering and data mining (Nelles, 2001). It consists of simple but strongly connected units called neurons; and generally robust against the failure of single units. Neural networks can be feedforward or recurrent depending on the type of connections. In this paper only feedforward neural networks will be studied. In this type of network the neurons are organized into layers (input, hidden and output layers) as can be seen in Figure 1; and there are only connections between neurons in one layer to the following. Cybenko showed that any mapping from $\mathcal{R}^n$ to $\mathcal{R}^q$ could be achieved with two layers of hidden nodes, hence neural networks are universal approximators. Hornik showed that any mapping could also be achieved with an arbitrary degree of accuracy using only one hidden layer. The complexity of the network (number of parameters) depends on the number of hidden neurons, since the number input and output neurons are equal to the input and output of the system to be modeled, respectively. Based on these results NNs with one hidden layer will be used in the following.

Figure 1



Source (Forrás): (Benitez, 1997)

1. ábra: Többretegű neurális hálózat

Bemeneti réteg(1), Rejtett réteg(2), Kimeneti réteg(3)

However, the main disadvantage of NNs is that they are often too complex and not interpretable. Complexity and interpretability issues are connected with each other: often a relatively simple cross validation method can be used to determine the proper number of hidden neurons but several problems still remain. As *Duch* (2003) showed a simple performance measure (mean square error by function approximation, ratio of wrongly classified samples by classification) is not enough by itself because two NNs with the same performance can have highly different behavior. Other problem is how a priori knowledge can be utilized and integrated into the black-box modeling approach, and how a human expert can validate the identified NNs or more favorably, follow the identification process to interfere in it if it is needed (e.g. to avoid overparameterization or overlook the possible soft or crisp constraints).

To overcome these problems, there are some strategies in the literature:

1. *Visualization of neural network behavior.* This approach utilizes the natural pattern recognition capability of human expert. It aims to draw a two dimensional map that is in connection with the behavior of NN in a specific way.
2. *Transformation of NN.* The aim of this type of methods is to convert NN into a more interpretable form. Because NN is a black-box, other black-box models should be used that are closer to human thinking. A good approach is to extract rules from NN functions and parameters, and represent them as fuzzy (linguistically sound) if-then rules.
3. *Model reduction.* This approach does not aim to give a 'picture' of NN responses for specific inputs and behavior, but overcome complexity problems with the determination of 'importance' of hidden neurons and weights, remove the insignificant ones, and/or merge the similar ones. It is also important from the viewpoint of overparameterization and to reduce the time and computational demand of the model. Naturally, it can be combined with the above mentioned approaches.

The Related works section gives a brief introduction and overview about these methods. The Complexity reduction subsection contains a combined approach used in this paper to get reduced rule based model from NN, and gives viewpoints for future work. Application examples and discussion section describes some illustrative examples, while the Summary section concludes the paper.

RELATED WORKS

Structure of neural networks

This subsection gives a brief introduction how NNs work. This description is mainly based on *Benitez* (1997); for a detailed discussion see *Nelles* (2001). Let us consider the NN in *Figure 1*. It has n input $(x_1, \dots, x_n)$, h hidden $(z_1, \dots, z_h)$, and m output $(y_1, \dots, y_m)$ neurons. Let τ_j be the bias for neuron z_j . Let w_{ij} be the weight of the connection from neuron x_i to neuron z_j , and β_{jk} the weight of the connection from neuron z_j to neuron y_k . The $\Re^n \rightarrow \Re^m$ function the net calculates is $F(x_1, \dots, x_n) = (y_1, \dots, y_m)$ where

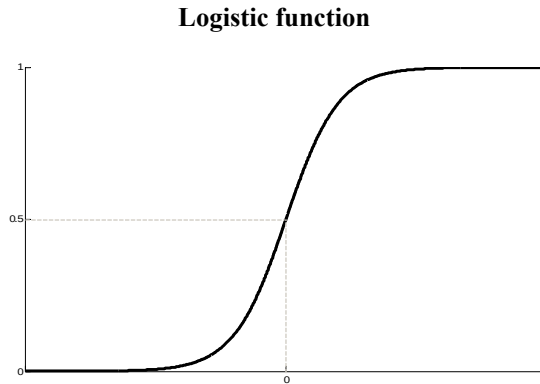
$$y_k = g_A \left(\sum_{j=1}^h z_j \beta_{jk} \right) \quad (1)$$

with

$$z_j = f_A \left(\sum_{i=1}^n x_i w_{ij} + \tau_i \right) \quad (2)$$

Where g_A and are activation functions. In several applications the output activation functions are linear ones, and the usual choice for the hidden activation function is the logistic function: $f_A(x)=1/(1+e^{-x})$ (Figure 2).

Figure 2



2. ábra: Logisztikus függvény

NN visualization methods

The output of the hidden neurons z_j can be seen as an h dimensional vector that represents the range the neurons work in. If a 'hidden variable' z_j is close to zero or one, the neuron is saturated (Figure 2). If a hidden neuron gives values near zero or one for almost all inputs, hence it does not fire or fires all the time, it is useless for the problem. The distribution of these h dimensional data can represent the NN behavior for a human expert. Unfortunately, in several cases there is a need for more than two or three hidden neurons. In these cases a projection or dimensionality reduction technique has to be used. Principal Component Analysis (PCA) is a linear technique; therefore the information loss may be more than the admissible level. Other (topology or distance preserving) projection techniques like Multidimensional Scaling, Sammon method, Isomap or Locally Linear Embedding can be used for that purpose. For more details see Abonyi (2007) and the references within.

However, there are some special visualization methods for NNs. Duch (2003) proposed an approach for visualization of NNs applied on classification problems. His method can be applied for problems with K classes if the output is coded as a K length vector: $(1,0,\dots,0)$ means the first class, $(0,1,\dots,0)$ the second and so on. In this case the classes are represented by the corners of the K dimensional unit hypercube. The approach proposed by Duch maps the *NN output* into two dimensions, basically 'flattens' the hypercube into two dimensions. This approach was thought over and applied on the *output of the hidden neurons z_j* in Duch (2004a, 2004b). This method was straightforward from the former one because the hidden variables (the activation functions) take values from $[0,1]$, therefore the h dimensional vectors are located within the unit hypercube. This method can be used not only for classification but also for function approximation purposes as well. Based on this latter approach a picture of the behavior of the hidden units, their firing strength and activation or saturation level can be obtained. The main drawback is that the number of classes/hidden neurons is limited. To keep the figures simple and interpretable, only 3...6 variables can be used.

Interpretation of NNs

Another strategy for ‘opening’ a NN is to convert it into a rule based model. These ‘linguistically sound’ rules are often fuzzy if-then rules, and are close to human thinking: IF *a set of conditions is satisfied*, THEN *a set of consequences is inferred*. Fuzzy logic provides a tool to process uncertainty, hence fuzzy rules represents knowledge using linguistic labels instead of numeric values, thus, they are more understandable for humans and may be easily interpret (Benítez, 1997). If NNs can be transformed into rules, then it makes possible to overlook and validate the trained NN, and build in a priori knowledge to the network. The crucial question is what the connection is between the several types of neural networks and fuzzy rule based systems.

Under some conditions, the equivalence of normalized radial basis function networks (RBF) and Takagi-Sugeno fuzzy models can be obtained (Nelles, 2001). However, in this paper multilayer perceptron (MLP) type neural networks with logistic hidden activation function (see Structure of neural networks subsection) are dealt with (in the following the notation NN will be used for MLP type networks). An approach for NNs with **tanh** activation function is presented in Setiono (2000) for function approximation purposes, but it should be noted that it is an approximation: the rule based model is not identical to the original trained NN, therefore information transfer in the ‘opposite’ direction, i.e. from the rule base to the NN can be problematic. An interesting result was given by Benítez (1997) who proved the equality of NNs with logistic activation function and a certain type of fuzzy rule based model called fuzzy additive system (FAS). For that purpose, a new fuzzy logic operator had to be introduced. Because of the equality (which is stronger than equivalence), if a method can be applied on a FAS for a certain purpose (e.g. rule base reduction), then it is also applicable to the NN as well and vice versa. In the following, this equality relation is discussed based on Benítez (1997).

FAS employs rules in the following form:

$$R_{jk}: \text{If } x_1 \text{ is } A_{jk}^1 \text{ and } \dots \text{ and } x_n \text{ is } A_{jk}^n \text{ then } y_k \text{ is } p_{jk}(x_1, \dots, x_n) \quad (3)$$

where $p_{jk}(x_1, \dots, x_n)$ is a linear function on the inputs. In FAS’s, the inference engine works as follows: for each rule, the fuzzified inputs are matched against the corresponding antecedents in the premises giving the rule’s firing strength. It is obtained as the t -norm (usually the minimum operator) of the membership degrees on the rule if-part. The overall value for output y_k is calculated as the weighted sum of relevant rule outputs. Let us suppose multi-input single-output fuzzy rules, having l_k of them for k th output. Then y_k is computed as

$$y_k = \sum_{j=1}^{l_k} v_{jk} \cdot p_{jk}(x_1, \dots, x_n) \quad (4)$$

where v_{jk} is the firing strength of j th rule for k th output.

To decompose the multivariate logistic function to form the rule antecedents in the form of (3) with univariate membership functions, a special logic operator has to be used instead of *and*: interactive-or or i -or:

$$a * b = \frac{a \cdot b}{(1-a) \cdot (1-b) + a \cdot b} \quad (5)$$

To get a clearer idea of *i-or* behavior, see *Figure 3*, which represents the surface defined by the *i-or* operator. Using this $*$ operator, the interpretation of NNs whose hidden neurons have biases as follows. It can be checked that

$$f_A\left(\sum_{i=1}^n x_i w_{ij} + \tau_j\right) = f_A(x_1 w_{1j} + \tau'_j) * \dots * f_A(x_n w_{nj} + \tau'_j) \quad (6)$$

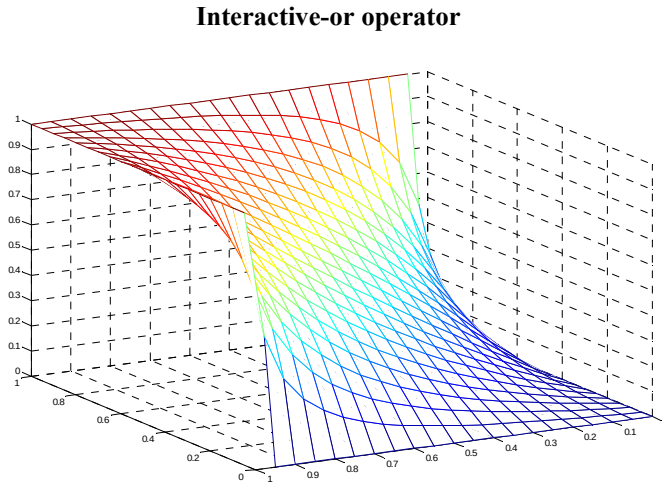
where $\tau'_j = \tau_j/n$. In (6), the first term corresponds to the fuzzy proposition “ $\sum_{i=1}^n x_i w_{ij} + \tau_j$ is A ”. Likewise, $f_A(x_i w_{ij} + \tau'_i)$ corresponds to proposition “ $x_i w_{ij} + \tau'_i$ is A ” or in a similar form “ $x_i w_{ij}$ is $A - \tau'_i$ ”. Hence, the bias term means a sheer translation. The A_{jk}^i fuzzy sets have to be redefined to account for both the weight w_{ij} and the bias τ_j . Their membership function is defined by

$$\mu_{A_{jk}^i}(x) = \mu_A[(x + \tau'_j)w_{ij}] \quad (7)$$

Based on that, the fuzzy rules extracted from the trained NN are:

$$R_{jk} : \text{If } x_1 \text{ is } A_{jk}^1 * \dots * x_n \text{ is } A_{jk}^n \text{ then } y_k = \beta_{jk} \quad (8)$$

Figure 3.



3. ábra: Az i-or operátor

An interesting and useful application possibility is to initialize the NN on the basis of a priori knowledge. Initialization is a crucial question by NNs because there are often a huge number of parameters and the cost function has numerous local minima. The most often applied local (gradient based) search techniques may trap in a local minimum. To avoid that problem, a possible approach is multi-start method, i.e. to train the NN from several different (random) initial points. Other solution can be based on evolutionary algorithms, see e.g. *Castro* (1998). The flexibility of evolutionary algorithms makes possible the direct rule extraction from trained NNs (however, only crisp rules and by classification problems) as *Markowska-Kaczmarska* (2003) shows. However, all of these

latter methods have high computational demand. The initialization using prior knowledge based if-then rules has other advantage as well: it combines the user's experience with the learning capability of NN.

Complexity reduction

In this subsection we focus on the combination of existing model reduction techniques with the previously presented rule based model extraction method. It is a wide research area, the interested reader can refer *Setnes* (2001) and the citations within. In general it can be stated that linear model reduction methods are preferred to nonlinear ones because they are exhaustively studied and effectively applied for several types of problems (e.g. in controller assessment recently in *Harris* (2007)). For that purpose the model should be linear in parameters.

A possible method family is orthogonal techniques. These methods can roughly be divided into two groups: the rank revealing ones like SVD-QR algorithm and those that evaluate the individual contribution of the rule or local models, like the orthogonal least-squares approach (OLS). This later technique requires more computations, but for system identification purposes it is preferable as it gives a better approximation result. In the remaining part of this paper OLS is applied for rule ranking and model reduction purposes. OLS works as follows (for a throughout discussion see *Nelles* (2001)). Consider a general linear in parameters model:

$$\mathbf{y} = \mathbf{Z}\boldsymbol{\theta} + \mathbf{e} \quad (9)$$

where $\mathbf{y} = [y_1, \dots, y_n]^T$ is the measured output, $\mathbf{Z} = [\mathbf{z}_1, \dots, \mathbf{z}_n]^T$ is the regressor matrix ($\mathbf{z}_i = [z_{i1}, \dots, z_{ih}]^T$, $i=1, \dots, n$ are the regressors), $\boldsymbol{\theta} = [\theta_1, \dots, \theta_h]$ is the parameter vector and $\mathbf{e} = [e_1, \dots, e_n]^T$ is the prediction error. OLS transforms the columns of the regressor matrix $\mathbf{Z}$ into a set of orthogonal basis vectors in order to inspect the individual contribution of each regressor. If they were not orthogonal, they could not been inspected individually. An orthogonalization method should be used to perform the orthogonal decomposition $\mathbf{Z} = \mathbf{V}\mathbf{R}$ (often the simple Gram-Schmidt method is used), where $\mathbf{V}$ is an orthogonal matrix such that $\mathbf{V}^T\mathbf{V} = \mathbf{I}$, and $\mathbf{R}$ is an upper triangular matrix with unity diagonal elements. Substituting $\mathbf{Z} = \mathbf{V}\mathbf{R}$ into (9), we get $\mathbf{y} = \mathbf{V}\mathbf{R}\boldsymbol{\theta} + \mathbf{e} = \mathbf{V}\mathbf{g} + \mathbf{e}$ where $\mathbf{g} = \mathbf{R}\boldsymbol{\theta}$. Since the columns $\mathbf{v}_i$ of $\mathbf{V}$ are orthogonal, the sum of squares of y_k can be written as

$$\mathbf{y}^T \mathbf{y} = \sum_{i=1}^h g_i^2 \mathbf{v}_i^T \mathbf{v}_i + \mathbf{e}^T \mathbf{e} \quad (10)$$

The part of the output variance $\mathbf{y}^T \mathbf{y} / N$ explained by regressors is $\sum_{i=1}^h g_i^2 \mathbf{v}_i^T \mathbf{v}_i / N$, and an error reduction ratio due to an individual regressor i can be defined as

$$err_i = \frac{g_i^2 \mathbf{v}_i^T \mathbf{v}_i}{\mathbf{y}^T \mathbf{y}}, \quad i = 1, \dots, h \quad (11)$$

This ratio offers a simple means of ordering the regressors. As *Nelles* (2001) shows, "there are only two restrictions to the application of this subset selection technique. First, the model has to be linear in parameters. Second, the set of regressors from which the significant ones will be chosen must be precomputed." This later one is an important restriction because it means that all regressors are fixed during this procedure. By normalized RBF networks and Takagi-Sugeno fuzzy models (see Interpretation of NNs subsection) this requirement is not met, therefore the original version of OLS cannot be applied. It is because the normalization denominator changes as the number of selected rules changes, thus the fuzzy basis functions (here: regressors) change. To overcome this

problem the value of the denominator can be fixed, but in this case interpretability issues are discarded completely. However, OLS can be very useful for various purposes; modified versions of OLS can also be applied to determine the centers of radial basis functions (Huang, 2005), or to generate Takagi-Sugeno-Kang fuzzy models (Mastorocostas, 2001, 2003).

In case of MLP networks and FAS systems, this problem does not occur because of the special output computing mechanism (4). Thus classical OLS can be applied on FAS systems to rank the rules since the parameters of the trained NN are fixed. However, OLS is formulated as a MISO technique. If the NN has more than one output, then the outputs can be evaluated individually one by one. In this case (using the notation of OLS (9-11)), y is the k th network output, the regressors $\mathbf{z}_i$ are the outputs of the hidden neurons, and the parameters θ_j corresponds to the weights from the j th hidden neuron to the k th output neuron β_{jk} (see also (1)). This approach was directly applied on NNs in Henrique (2000), and it was shown that analog method can be applied to the subset selection of the original network inputs. In this case in (9-11), y is the output of the k th hidden neuron, the regressors $\mathbf{z}_i$ are the inputs of the network, and the parameters θ_j corresponds to the weights from the j th input neuron to the k th hidden neuron w_{jk} (see also (2)). Other NN pruning can also be considered, e.g. optimal brain damage (Cun, 1990) or optimal brain surgeon (Hassibi, 1992), and it should be emphasized that these methods can directly be applied on FAS systems as well. The application examples in the next section show that it can be very effective if a model reduction technique (in this paper OLS for ranking the rules) and rule base extraction from NN are applied together, and validate the identified models by human experts.

It should be noted that the applied i -or operator in the extracted fuzzy rules does not belong to the commonly applied fuzzy t -norms or t -conorms. However, it would be interesting to test the extracted fuzzy rules with common fuzzy logic operators, and maybe recompute the output weights (which can easily be done because the model is linear with respect to these parameters). Our presumption is that the crisper the activation functions are (f_A), the less the difference is between the modeling performances of the original and the modified FAS's that uses classical fuzzy logic operators. For that purpose, numerous tests have to be completed in the future. If this guess proves true, then the cost function of the NN during training can be modified to get 'crisper' activation functions.

APPLICATION EXAMPLES AND DISCUSSION

Benchmark datasets are extremely helpful to consider the possibilities of the presented reduction and transformation techniques. We used a dataset of a pH process, where the concentration of hydrogen ions in a continuous stirred tank reactor is modeled (CSTR). This well-known modeling problem presents difficulties due to the nonlinearity of the process dynamics. This process can be correctly modeled as a first-order input-output(NARX) system, where the actual output (the pH) $y(k+1)$, depends on pH of the reactor $y(k)$ and the NaOH feed $u(k)$ at the k^{th} sample time (sample time is $t_s=0.2$ min):

$$y(k+1) = f(y(k), u(k)). \quad (12)$$

For detailed information of the process see Abonyi (2003).

Parameters of the neural network were identified by the back-propagation algorithm based on a uniformly distributed training data where F_{NaOH} is in the range of 515-525 l/min. Experiences pointed on, that for good model performance 7 neurons are

sufficient in the hidden layer of the neural network. The results in *Table 1* shows, that the neural network models give very good prediction performance for this process.

Table 1.

Modeling and testing errors (one-step ahead prediction)

Testcase (number of neurons in hidden layer/number of removed neurons) (1)	Training errors (MSE) (2)	Testing Errors (MSE) (3)
Neural Network (7) (4)	3.088e-005	3.267e-005
Using i-or (7) (5)	3.053e-005	3.259e-005
Network reduction (8/1 neuron) (6)	4.434e-005	4.285e-005
Network reduction (7/1 neuron) (7)	3.060e-005	3.247e-005
Network reduction (6/2 neuron) (8)	2.884e-004	3.690e-004
Network reduction (6/1 neuron) (9)	1.086e-004	1.316e-004

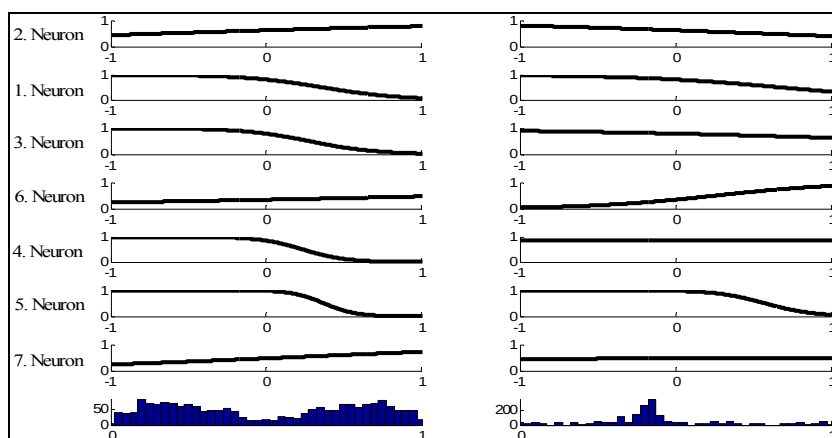
1. táblázat: Modellezési és validálása hibák egy lépéses predikcióra

Teszteset (neuronok száma a rejtett rétegben/eltávolított neuronok száma)(1), Hiba a tanítási eseteken (MSE - Átlagos Négyzetes Hiba)(2), Hiba a tesztelési eseteken (MSE - Átlagos Négyzetes Hiba)(3) Neurális hálózat(4), I-or operátor használata(5), Neurális hálózat redukció(8/1 neuron)(6), Neurális hálózat redukció(7/1 neuron)(7), Neurális hálózat redukció(6/2 neuron)(8), Neurális hálózat redukció(6/1 neuron)(9)

However the deviation between training and testing prediction errors of the original neural network model reveals that the model is a bit overparameterized (there are too many neurons in the hidden layer of the network) and the test error of the models could be lowered by model reduction.

Figure 4

Decomposed univariate membership functions



4. ábra: Egyváltozós dekomponált tagsági függvények

Applying the described transformation technique, *Figure 4* shows the decomposed univariate membership functions. Since the neural network model of the pH process contains seven neurons in the hidden layer of the model the transformed FAS consists of seven fuzzy rules according to equation (6). The neurons are listed according to the OLS ranking (see equation (13)), starting with the rules decomposed from the most important neuron in the hidden layer of the network. For better interpretability the histogram of the corresponding model inputs are illustrated on the last two subplots. Results in the first two rows of *Table 1* show that the transformed fuzzy rulebase using *i*-or is identical with the original neural network as expected, because the modeling errors are almost the same both for testing and training results. However a small difference between the training and testing errors exists, which is due to the re-identification of parameters for the output layer after applying *i*-or. There is a small decrease in modeling errors with the re-identification. In the last four rows of *Table 1*, the numbers in parenthesis are the number of the neurons used in the hidden layer of the neural network model. In parenthesis the second number means the number of the reeducated (removed) neurons if there is any.

As it was mentioned, ordering the neurons by OLS estimated error reduction ratios reveals the unnecessary neurons (the importance of the extracted rules) in the hidden layer, because neurons with low error reduction ratio are insignificant for the appropriate model. In the meaning of the FAS equivalent of the neural network the OLS ranking means a reduction based on the consequent of the fuzzy rule. It is also possible to reduce the FAS rule base by analyzing the antecedent part of the rules using a similarity measure for the membership functions. Utilizing the equality of FAS and NN, the following classical interclass separability measure (originally for fuzzy systems) could be used to compare the univariate functions decomposed from hidden neurons:

$$S_{j,l,k}^i = \frac{\int \min(A_{j,k}^i(x_i), A_{l,k}^i(x_i)) dx_i}{\int \max(A_{j,k}^i(x_i), A_{l,k}^i(x_i)) dx_i}, \quad i = 1, \dots, n; \quad j, l = 1, \dots, h \quad (13)$$

According to (13) the similarity measure to compare the hidden neurons with multivariate activation functions can be defined:

$$S_{j,l,k} = \prod_i (S_{j,l,k}^i), \quad i = 1, \dots, n; \quad j, l = 1, \dots, h \quad (14)$$

The similarity results of the neurons are illustrated in *Table 2*. The achieved similarity measures correspond to the membership functions depicted on *Figure 4*, consequently the 7th and the 2th neurons are the most similar.

Figure 5 illustrates the neurons ordering by their effect on the modeling error. This ordering is also indicated on *Figure 4*, so the most important rules are on the top of the picture. The consequence of synthesizing the results is that it is possible to remove one neuron out of 7 (in FAS the corresponding rules) from the model without a significant increase in modeling performance, because of the low error reduction rate of the last, 7th neuron. This achievement harmonizes with the issues of *Table 2*, because the interclass separability identifies the 2nd and the 7th neuron as similar, but OLS indicates the 2nd one as more important.

As *Table 1* shows that model reduction techniques like OLS makes it possible to overcome the problem of overfitting and the performance of the reduced model is almost the same as the original one. A rigorous test of NARX models is free run simulation

because the errors can be cumulated. The following result indicates the goodness of the reduced model even by free run simulation:

- 3.508e-003 for neural network with 7 neurons;
- 3.828e-003 using *i-or* for FAS with 7 rules;
- 3.824e-003 after removing 1 neuron from the hidden layer containing 7 neurons.

Table 2.

Interclass separabilities for the neurons in the hidden layer

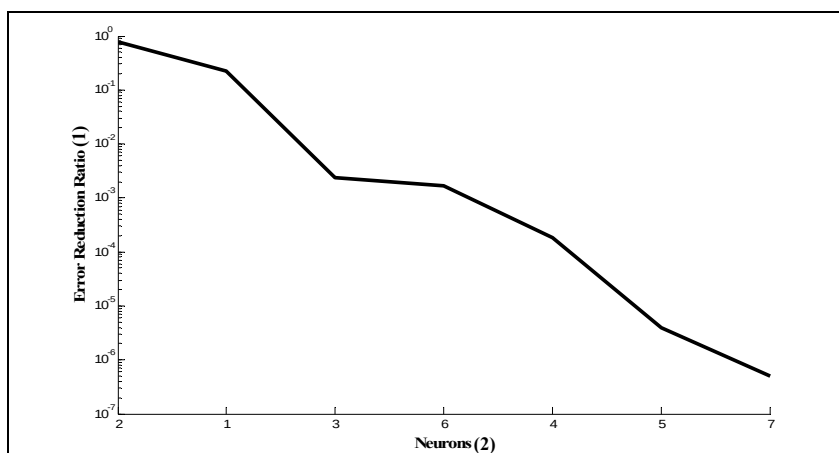
Neurons (1)	1	2	3	4	5	6	7
1	1.00	0.44	0.67	0.53	0.35	0.44	0.39
2		1.00	0.32	0.26	0.40	0.20	0.75
3			1.00	0.47	0.36	0.63	0.30
4				1.00	0.20	0.43	0.21
5					1.00	0.26	0.49
6						1.00	0.19
7							1.00

2. Táblázat: Hasonlósági értékek az egyes neuronok között

Neuronok száma a rejtett rétegben (1)

Figure 5

Error reduction ratios



5. ábra: Hibaredukciós arány

Az egyes neuronokhoz rendelhető hibaredukciós arányok(1), Rejtett rétegbeli neuronok(2)

After transforming the network into a FAS, it is also possible to use similarity measures which can be used to reduce further the rule base. It can be done in an automatic way if a

threshold value is defined previously. If the measured similarity is greater than the threshold, the corresponding two neurons in the original neural network can be considered as identical; therefore further reduction of the FAS rule base is possible. This technique can be used even in the learning process of the neural network.

SUMMARY

This article gave brief summary of visualization of the neural networks, and discussed that neural network with logistic function $f_A(x)=1/(1+e^{-x})$ is identical to fuzzy additive systems. The neural networks are often too complex (overtrained) and not interpretable, therefore it is very difficult to utilize these networks correctly. A possible solution is to visualize and/or reduce these models.

The article showed how model reduction techniques can be used by neural networks. For that purpose an orthogonal technique, the orthogonal least-squares approach (OLS) was used. It was shown that after transforming the network into an equivalent fuzzy additive system it is possible to reduce the network by analyzing the antecedent part of the fuzzy rules.

A possible future research area is to develop a new learning procedure for neural networks using prior knowledge based if-then rules, which combines the user's experience and/or constraints with the learning capability of NN. The extracted fuzzy rules are planned to be tested with common fuzzy logic operators to confirm our presumption that the crisper the activation functions are (f_A), the less the difference is between the modeling performances of the original and the modified FAS's that uses classical fuzzy logic operators.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to acknowledge the support of the Cooperative Research Centre (VIKKK, project III/1) and Hungarian Research Found (OTKA T049534). János Abonyi is grateful for the support of the Bolyai Research Fellowship of the Hungarian Academy of Sciences and the Óveges Fellowship.

REFERENCES

- J. Abonyi, B. Feil (2007). Aggregation and Visualization of Fuzzy Clusters based on Fuzzy Similarity Measures. *Advances in Fuzzy Clustering and its Applications*, John Wiley & Sons, 95-123.
- J. Abonyi (2003). Fuzzy Models of Dynamical Systems. *Fuzzy Model Identification for Control*, Birkhauser, 60-61.
- J.M. Benitez, J.L. Castro, I. Requena (1997). Are artificial neural networks black boxes? *IEEE Transactions on Neural Networks*, 8. 5. 1156-1164.
- L.N. de Castro, E.M. Iyoda, F.J.V. Zuben, R. Gudwin (1998). Feedforward Neural Network Initialization: an Evolutionary Approach. *Proceedings of the 5th Brazilian Symposium on Neural Networks*, 43-49.
- Y.L. Cun, J. Denker, S. Solla (1990). Optimal brain damage. *Advances in neural information processing systems*, 2. 598-605.
- W. Duch (2003). Coloring black boxes: visualization of neural network decisions. *Int. Joint Conf. on Neural Networks*, Portland, Oregon, IEEE Press, 1. 1735-1740.

- W. Duch (2004). Visualization of Hidden Node Activity in Neural Networks: I. Visualization Methods. Lecture Notes in Artificial Intelligence, 3070.38-43
- W. Duch (2004). Visualization of hidden node activity in neural networks: II. Application to RBF networks. Lecture Notes in Artificial Intelligence, 3070. 44-49.
- T.J. Harris, W. Yu (2007). Controller assessment for a class of non-linear systems. Journal of Process Control, in press.
- B. Hassibi, D. Stork, G. Wolff (1992). Optimal brain surgeon and general network pruning. Technical Report 9235, RICOH California Research Center, Menlo Park, CA.
- H.M. Henrique, E.L. Lima, D.E. Seborg (2000). Model structure determination in neural network models. Chemical Engineering Science, 55. 5457-5469.
- D.S. Huang, W.B. Zhao (2005). Determining the centers of radial basis probabilistic neural networks by recursive orthogonal least square algorithms, Applied Mathematics and Computation, 162. 461-473.
- U. Markowska-Kaczmar, M. Chumieja (2003). Opening neural network black box by evolutionary approach. Design and application of hybrid intelligent systems, 147-156.
- P.A. Mastorocostas, J.B. Theocharis, V.S. Petridis (2001). A constrained orthogonal least-squares method for generating TSK fuzzy models: Application to short-term load forecasting. Fuzzy Sets and Systems, 118. 215-233.
- P.A. Mastorocostas, J.B. Theocharis (2003). An orthogonal least-squares method for recurrent fuzzy-neural modeling. Fuzzy Sets and Systems, 140. 285-300.
- O. Nelles. (2001) Nonlinear system identification. Springer-Verlag.
- R. Setiono, W.K. Leow, J.Y.L. Thong (2000). Opening the neural network black box: an algorithm for extracting rules from function approximating artificial neural networks. Proceedings of the 21st International Conference on Information systems, Queensland, Australia, 176-186.
- M. Setnes (2001). Complexity reduction in fuzzy systems. PhD Thesis, TU Delft.

Corresponding author (*Levelezési cím*):

János Abonyi

University of Pannonia, Department of Process Engineering

H-8201 Veszprém, P.O.Box 158

Pannon Egyetem, Folyamatmérnöki Intézeti Tanszék

8201 Veszprém, Pf. 158

Tel.: 36-88-624-209, Fax: 36-88-624-171

e-mail: abonyij@fmt.uni-pannon.hu