

Acta Agraria Kaposváriensis



Fővédnök: Dr. Paál Jenő egyetemi tanár

Szervezők:

Kaposvári Egyetem Állattudományi Kar
Matematikai és Informatikai Intézete (a HUNAGI tagja)
Ökonómiai és Szervezési Intézete
Műszaki és Automatizálási Tanszéke
TESZ Somogy Megyei Szervezete

Dr. Bánkuti Gyöngyi egyetemi docens, elnök
Barna Róbert egyetemi tanársegéd
Dr. Csukás Béla egyetemi docens
Farkas János egyetemi adjunktus
Honfi Vid egyetemi tanársegéd
Dr. Remetey-Fülöpp Gábor HUNAGI főtitkára
Dr. Sarudi Csaba egyetemi docens
Sári László vidékfejlesztési referens
Dr. Takátsy Tibor egyetemi docens
Dr. Walter József egyetemi adjunktus

Támogatók:

Dél-dunántúli Regionális Fejlesztési Tanács
Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium
Oktatási Minisztérium
Országos Tudományos Kutatási Alapprogramok

Kiállítók:

Comset Controls
LBS ECoNET Rt.
HungaroCAD Kft.

A kéziratokat lektorálták:

Alabér László műszaki tanácsadó
Dr. Bartha László egyetemi docens
Dr. Bánkuti Gyöngyi egyetemi docens
Dr. Csukás Béla egyetemi docens
Harkányiné Dr. Székely Zsuzsanna egyetemi docens
Honfi Vid egyetemi tanársegéd
Jáger János ügyvezető igazgató
Dr. Jávori András egyetemi tanár
Dr. Jedlovsky Pál ny. tudományos főmunkatárs
Pázmány Gábor informatikai tanácsos
Dr. Podmaniczky László egyetemi docens
Dr. Sári László vidékfejlesztési referens
Dr. Szabó József ügyvezető igazgató
Dr. Szabó Szilárd főszerkesztő
Dr. Takátsy Tibor egyetemi docens
Dr. Uhrin Béla egyetemi tanár D.Sc.

Volume 7 No 3 2003
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, Fax: 36-82-320-175
e-mail: csapo@mail.atk.u-kaposvar.hu

Szerkesztő asszisztens
Editorial assistants
Barna Róbert
Stanics Judit

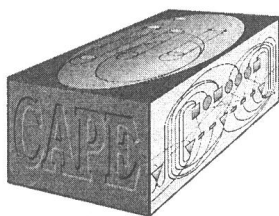
Anyanyelvi lektor
Proof read by
Szemerei Roland

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.
Éves előfizetési díj: 2500 Ft + ÁFA *Annual subscription: Ft 2500 + VAT*
Előfizethető a kiadónál vagy átutalással
Subscriptions may be made payable to the publishers or via account no.
MNB 10039007-01474572-00000000
Készült Nagy J. nyomdájában 400 pld.-ban
Printed at the Nagy J. press, 400 copies produced

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

Kaposvár, 2003

**Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar,
Matematikai és Informatikai Intézet
Ökonómiai és Szervezési Intézet
Műszaki és Automatizálási Tanszék**



ALKALMAZOTT INFORMATIKA KONFERENCIA

konferencián elhangzott előadások

(A kéziratok tartalmáért
a szerzők vállalnak felelősséget!)

Szerkesztette Csapó J. és Kovách Á.



Kaposvári Egyetem
Állattudományi Kar
2003. május 30.



Szkennelt térképek automatikus interpretációja

Katona E.

Szegedi Tudományegyetem, Informatikai Tanszékcsoport, Szeged, 6720 Árpád tér 2.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az automatikus térkép interpretáció olyan számítógépes eljárást jelent, amely minimális humán támogatással értelmezni tudja a térképet, és így automatikusan előállítja annak helyesen strukturált, vektoros megfelelőjét. Ilyen eljárások kidolgozása jelentős anyagi haszonnal kecsegtet, ezért a világon számos kutatóhely és fejlesztő cég foglalkozik a kérdéssel. Jelen dolgozatban először a tágabb szakterületeket (dokumentum-elemzés) tekintjük át, majd a szakirodalomban megjelent fontosabb interpretáló rendszereket és irányzatokat mutatjuk be. Ezután saját rendszerünk, az elsősorban hazai kataszteri térképek feldolgozására készült MAPINT program bemutatása következik. A feldolgozás affín koordináta transzformációval indul, majd előzetes vektorizálás következik, amelynek eredményét egy speciális vektorgráf formátumban tároljuk. Valamennyi felismerési művelet ezen a vektorgráfon történik. A felismert térképi objektumok: szaggatott vonalak, házszámok és helyrajzi számok, kapcsolójelek, nullkörök, épületek és földrészletek. A dolgozatot a különféle rendszerek összehasonlító értékelése zárja. (Kulcsszavak: vektorizálás, térinformatika, mesterséges neurális hálózatok, vonalrajz felismerése, alakfelismerés)

ABSTRACT

Automatic interpretation of scanned maps

E. Katona

University of Szeged, Department of Informatics, Szeged, H-6720 Árpád tér 2.

To create a spatial database for some GIS applications, it is a big challenge to recognize all the simple and complex map objects automatically on scanned maps. This research field is generally referred as map interpretation. The first part of the present study shows the place of map interpretation concerning related topics of document analysis, and discusses interpretation systems representing main approaches in the field. The second part gives a detailed discussion of our own interpretation system called MAPINT which has special support from Hungarian cadastral maps. Processing starts with an affine coordinate transform followed by raw vectorization, the result of which is converted into a vectorgraph format. All recognition steps are performed on this format. Recognized objects are: dashed lines, house numbers and parcel numbers, connection signs (a special notation of Hungarian maps expressing the relationship between a building and a parcel), null-circles (denoting measured points), building and parcel polygons. The study is closed with a comparison and evaluation of different systems.

(Keywords: vectorization, GIS, artificial neural network, graphics recognition, pattern recognition)

BEVEZETÉS

Ha a szakember ránéz egy térképre, értelmezni tudja annak struktúráját, jelkulcsait, egyszerűen interpretálja a térképet. Kérdés, hogy szkennelrel digitalizált, raszteres térképi állományon egy számítógépes program meg tudja-e tenni ugyanezt?

A fenti probléma különleges gyakorlati jelentőségű. Világszerte igen sok munkaórát töltenek papírtérképek digitalizálásával, vagyis azzal, hogy az analóg nyersanyagot vektoros digitális formára alakítják, ezzel lehetővé téve annak térinformatikai felhasználását. Az eljárás vagy digitalizáló táblával történik, vagy a szkennelt térképet képernyőn rajzolják át vektoros formátumra. Ezt az eljárást gyakran *vektORIZÁLÁSNAK*, vagyis *raszter-vektor konverzióNAK* nevezik, pedig ez megtévesztő. Itt nem egyszerű formátum konverzióról van szó (az rutinfeladat lenne), hanem a térképet *interpretálni* kell, lokális és globális struktúráját felismerni, csak ennek alapján készíthető el a megfelelő vektoros állomány.

A térkép interpretációt az általános *dokumentumelemzés* (document analysis) szakterületbe, ezen belül pedig a *rajzfelismerés* (graphics recognition) témakörbe szokták sorolni. A nagyszámú publikáció (lásd például az irodalomjegyzékben *Graphics Recognition*, 1996-2002) számos olyan alkalmazást fed le, amely többé-kevésbé kapcsolódik a térképek feldolgozásához.

- *Kézzel írott, ill. nyomtatott karakterek felismerése* (OCR=Optical Character Recognition). A publikált eljárások többsége tisztán szöveges dokumentumok (esetleg képekkel illusztrált dokumentumok) feldolgozására készült, így térképi feliratok felismerésére csak elvétve alkalmazható.
- *Nyomtatványok, úrlapok feldolgozása* (form analysis). Itt már fellép a vonalak és szövegek szétválasztásának kérdése, de nem olyan általános formában, mint térképek esetén.
- *Műszaki rajzok feldolgozása*. A műszaki rajzok specialitásai (mértvonalak, körívek stb.) miatt az itt elért eredmények is csak korlátozottan hasznosíthatók térképek esetén.

Jelen dolgozatban először néhány publikált térkép interpretáló rendszer bemutatásával áttekintést adunk a szakterületről, majd saját interpretáló rendszerünket mutatjuk be.

INTERPRETÁLÓ RENDSZEREK ÁTTEKINTÉSE

Az utóbbi évtizedben számos térkép interpretációs rendszerről számolt be a szakirodalom. Ezek többsége *adott térképtípusra specializált*. Jellemzően minden országban a nagy tömegben előforduló, nagyméretarányú térképállományokat célozzák meg, ezek a következők.

- *Földmérési alaptérképek*, más néven *kataszteri térképek*. Elsődleges céljuk a földhivatali ingatlan nyilvántartás, vagyis az épületek és földrészletek (telkek) geometriai viszonyainak ábrázolása. Méretarányuk jellemzően 1:500 és 1:5000 között változik.
- *Topográfiai térképek*. Általános célú térképek, amelyek a domborzat, vízrajz, út- és vasúthálózat, települések ábrázolását tartalmazzák. Méretarányuk 1:10 000 és 1:100 000 között mozog.
- *Közműtérképek*. Az egyes közművállalatok vezetékrendszerét és szerelvényeit ábrázolják (víz, gáz, villany, telefon, kábeltelevízió stb.). Jellemző méretarányuk 1:500.

Az országonként eltérő térképi szabványok miatt az interpretáló rendszerek többsége „nemzeti sajátosságokat” mutat. A rendszerek általában fekete-fehér anyag feldolgozására készültek, de többen próbálkoznak színes térképek interpretációjával is. Véleményünk szerint a színsztérválasztás annyi többlet hibát visz a rajzba, hogy színes térképek professzionális feldolgozása csak nyomdai föliánként külön lehetséges.

A legtöbb rendszer *vektorizálásra épül*: először nyers vektoros adatstruktúrát állít elő, majd ezen végez felismeréseket. Itt is vannak kivételek, elvértve *tisztán raszteres* feldolgozásra is látunk példát.

A fejezet további részében olyan interpretáló rendszereket mutatunk be, amelyek nem csak egy-egy részfeladat megoldását, hanem adott térképtípus többé-kevésbé teljes körű interpretációját tűzik ki célul, és valamennyi fontosabb kutatási/fejlesztési irányt lefednek.

A MARIS rendszer

A rendszer neve a *Map Recognition Input System* rövidítése, *japán nagyméretarányú térképek* feldolgozására készült (Suzuki és Yamada, 1990). Az első komplex, részletesen dokumentált rendszerek közé tartozik.

A térképek 1:2500 méretarányúak, 60×80 cm méretűek, és jellemzően épületek körvonalait, szintvonalrajzot, vasút- és úthálózatot, valamint vízrajzot tartalmaznak.

A térképeket 16 pixel/mm felbontással szkennelik, majd 70 partícióra bontva tárolják. Ezután vektorizálás, majd automatikus felismerés következik, végül manuális korrekcióval zárul a feldolgozás.

A vektorizálás eredményét a rendszer *három relációs adattáblában* tárolja (csomópont tábla, vonal tábla, vonalszegmens tábla). Ezen vektoros adatstruktúra elemzésére egy *szegélykövető* (border tracing) algoritmust alkalmaz a rendszer, amelynek segítségével minden vonalat „mindkét oldalán” bejár. A eljárás eredményeként önmagába záródó *külső szegélyek* (outer border) és *belső szegélyek* (hole border) keletkeznek.

Ezután a *hosszú vonalak* felismerése következik. Az eljárás adott *L* vastagságú éleken halad végig, elágazásnál azon az élen folytatja, amelyik a legkisebb szögben törik (és a szög kisebb egy adott küszöbnél). Így különíti el a szintvonalakat és vasútvonalakat. A vonalat csak akkor fogadja el, ha teljes hossza nagyobb egy adott *T* küszöbnél.

A japán térképek sajátossága, hogy az épületpoligonok DK irányból napfénnel megvilágított oldalát 0.3 mm, a többi oldalát 0.1 mm vastag vonallal rajzolják. A felismerő algoritmus ezt ki is használja, amikor a „belső szegélyek” vizsgálatával eldönti, hogy melyik tekinthető épületnek.

Az épületek felismerése után töröl minden olyan vonalat, amely csak épülethez tartozik, és nem út/utca határvonalának része. Ennek módja: az épület élekhez folytatást keres a hosszú vonal felismerő algoritmussal, és ha talál olyan folytatást, amely nem része épületnek, akkor ezt a vonalat meghagyja.

A MARIS rendszert ismertető cikk érdeme, hogy részletesen dokumentálja az algoritmusok többségét. Ugyanakkor az eljárások helyenként túlbonyolítottak, például a szegélykövető algoritmus helyettesíthető lenne a jelen dolgozatban ismertetett, sokkal egyszerűbb poligonstruktúra bejárással. A cikk továbbá nem foglalkozik megírások elkülönítésével és felismerésével.

Olasz kataszteri térképek interpretációja

A Boatto et al. (1992) által bemutatott komplex interpretáló rendszer olasz földhivatali térképeket dolgoz fel. A térképek egyszínűek, és a szokásos kataszteri objektumokat

(épületek, földrészetek) tartalmazzák – természetesen számos más jelkulccsal kiegészítve. Sajátosságuk, hogy az épületeket vonalkázott területként ábrázolják (1. ábra). Méretarányuk 1:500 és 1:5000 között változik, méretük 100×70 cm.

1. ábra

Olasz kataszteri térkép részlete

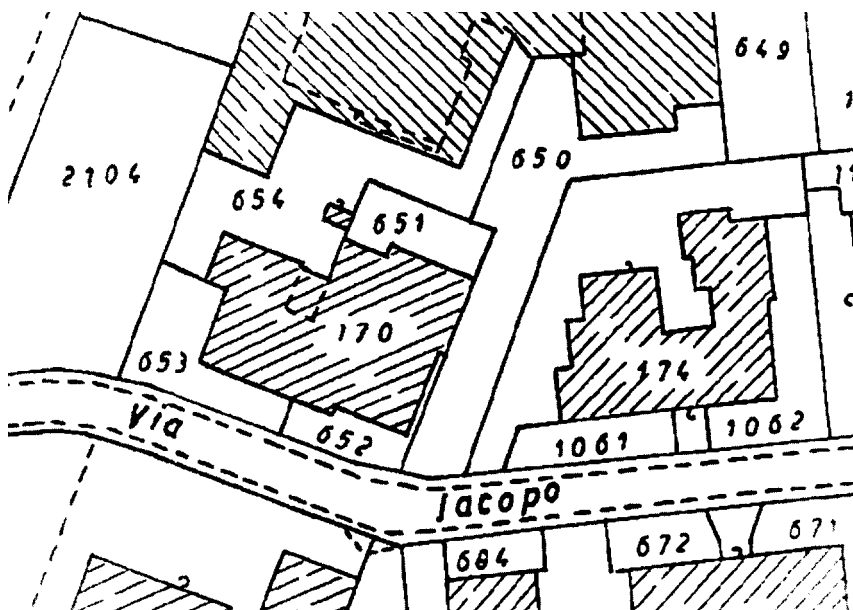


Figure 1: Fragment of an Italian cadastral map

A feldolgozás lépései

Előfeldolgozás. A szkennelt állományt zajszűrésnek vetik alá, majd a futam-gráf vektorizáláshoz (Di Zenzo és Morelli, 1989) hasonló eljárással egy ún. képgráfot állítanak elő: a gráf szögpontjainak és éleinek összefüggő pixelhalmazok felelnek meg a raszterképen. Az így nyert képgráfon végeznek minden további felismerést.

Szegmentálás. Elkülönítésre kerülnek a folytonos vonalak, szaggatott vonalak, szimbólumok és vonalkázott területek (épületek). A részműveletek az alábbiak.

- A vonalkázott részek behatárolása heurisztikus algoritmussal történik (operátori segítséget igényelhet), ezután a vonalkázást törlik és a keretet vektorizálják.
- Összefüggő gráfkomponenseket keresnek, méret alapján választják szét a vonalakat a szimbólumoktól. Ekkor még a szimbólumokhoz sorolódnak a szaggatott vonal darabok is.
- Vonalak vektorizálása. A vonalak minden esetben a raszteren belül maradnak, így nyilvánvalóan megfelelnek az olasz földhivatal által megkövetelt 0.4 mm pontosságnak.

Felismerés. A szaggatott vonalak felismerése egymáshoz közeli, mindkét végén végpontban végződő vektorok keresésére épül. A karakterek felismerése raszteresen történik. Minden egyes karaktertípushoz egyedi jellemzőhalmazt állítanak össze. A

jellemzők között tipikus a (konvex burok részét képező) burkoló vonalak száma, aránya és szöge. A karakter felismerés után már tisztán vektoros adatstruktúrával dolgozik a rendszer (vektorgráf).

Geometriai kapcsolatok meghatározása. A fázis fő célja a földrészletek (telkek) felismerése. Egy földrészlet általában több részpoligonból áll, amelyeket kapcsolójel (kis hullámvonal, lásd 1. ábra) köt össze. A feldolgozás lépései a következők.

- Minimális köröket keresnek a vektorgráfban, ezek lesznek a részpoligonok.
- Másodlagos gráf létrehozása, amelynek szögpontjai a fenti poligonok, élei pedig a kapcsolójelek.
- Ezen gráf összefüggő komponensei felelnek meg a földrészleteknek.

Az automatikus feldolgozás teljes ideje szelvényenként kb. 30 perc, ehhez mintegy 3 óra manuális munka társul, mivel hibátlan digitális térkép előállítása csak folyamatos operátori ellenőrzéssel biztosítható. Az eljárás így is lényegesen hatékonyabb a teljesen manuális digitalizáláshoz képest. Az ismertett rendszer érdekes tulajdonsága a részben raszteres, részben vektoros képgráf adatstruktúra.

Német topográfiai térképek feldolgozása

Az *Ebi* (1995) által publikált FRIMAP (FRame-based Interpretation of MAPs) elnevezésű prototípus rendszer szemantikus hálókat (*Niemann et al.*, 1990) alkalmaz 1:25 000 méretarányú színes topográfiai térképek feldolgozására (2. ábra).

2. ábra

Német topográfiai térkép részlete (a kivágat eredeti mérete 27×22 mm)

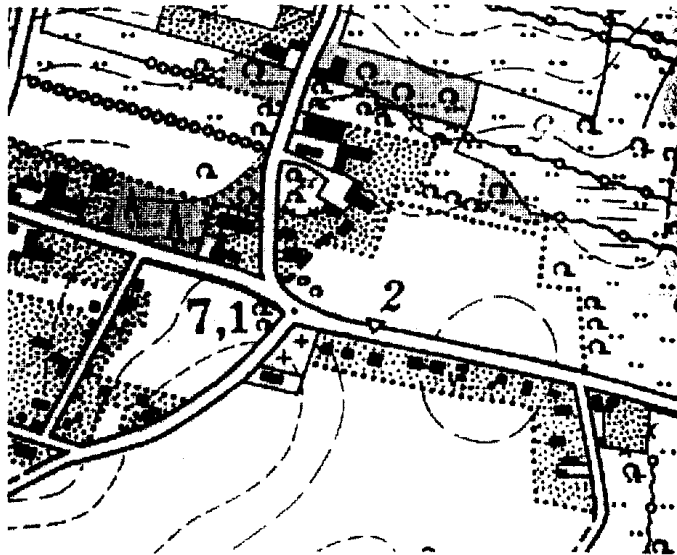


Figure 2: Fragment of a German topographic map (original size is 27×22 mm)

Az előfeldolgozó modul elkülöníti és vektorizálja a fekete, zöld és barna rétegeket. Ezután következik a szemantikus háló modell alapján történő interpretáció. Az alábbi

objektumtípusok (concept) kerülnek definiálásra: rét (legelő), tülevelű erdő, lombhullató erdő, vegyes erdő, cserje, magányos fa, épület, útszakasz, kereszteződés, szintvonal, vízterület. A szerző megoldást ad *rekurzív struktúrák* (például szaggatott vonal, kitöltő minták) leírására a szemantikus háló modellben. A cikk a felismerés két jellegzetes problémájára hívja fel a figyelmet.

- A réteket a német topográfiai térképek kitöltő mintázattal jelölik, de pontos határvonalukat nem adják meg. A felismerő algoritmus ezért az összefüggő kitöltő mintázat minimális befoglaló poligonját képezi, ez azonban nem mindig esik egybe azzal a területtel, amit szakember olvasna le a térképről.
- A szintvonalak helyenként hiányosak. Hosszabb szakadást a rendszer nem képes pótolni, viszont figyelmeztet a vakon végződő szintvonalra. A szükséges korrekciót manuálisan kell elvégezni.

Karakter felismeréssel a rendszer nem foglalkozik. A cikk tárgyalásmódja meglehetősen vázlatos, így a megoldás részleteiről és a rendszer hatékonyságáról nem lehet igazán képet kapni. A fentiekkel inkább a kutatás egyik lehetséges irányát kívántuk bemutatni (szemantikus hálók alkalmazására a későbbiekben is történtek kísérletek), ezzel együtt ez az irányzat nem jellemző a térkép interpretáció világában.

A RoSy rendszer

A rendszert egy müncheni cég fejleszti (M.O.S.S. Computer Grafik System GmbH, honlap: www.moss.de), amely nagy volumenű digitalizálási munkákkal foglalkozik, ennek támogatására folyamatosan bővítik a RoSy lehetőségeit. A MUSKAR-projekt (Mustererkennung in der Kartographie) keretében hosszú távú kutatási-fejlesztési együttműködést folytattak a Karlsruhe Műszaki Főiskolával. A JATE és a KMF közötti kapcsolat keretében lehetőségünk volt a rendszert közelebbről is megismerni.

A RoSy sok modulból álló, nagy bonyolultságú, nyitott rajzfeldolgozó rendszer. A nyitottság azt jelenti, hogy saját fejlesztő környezetével adott térkép- vagy rajztípushoz testreszabott alkalmazások hozhatók létre. A munka elvégzése azonban komoly programozást és hosszabb betanulási időt igényel.

A feldolgozás nyers vektorizálással indul, majd automatikus felismerés és végül manuális javítás történik. A RoSy fejlett raszter-vektor editálási képességekkel rendelkezik. Ez érthető, hiszen az automatikus felismerés mindig kíván manuális korrekciót, rossz minőségű nyersanyag esetén pedig az automatikus interpretáció egyáltalán nem alkalmazható.

Az RoSy rendszer különféle alkalmazásairól számos diplomamunka és cikk számol be, néhány ezek közül:

- Klauer (1993) német kataszteri térképek feldolgozását vizsgálja,
- Kern et al. (1997) magyar kataszteri térképek feldolgozási tapasztalatain keresztül mutatja be a rendszert,
- Hudra és Kern (1999) párhuzamos vonalak (például utak) felismerésére vonatkozó fejlesztésekről számol be,
- Hudra (2001) magyar kataszteri térképek feldolgozásához fejlesztett eljárásokat, ezeket hasonlítja össze a MAPINT rendszerrel (erre a dolgozat végén még visszatérünk).

További rendszerek

A MAGELLAN rendszer (Map Aquisition of GEographic Labels by Legend ANalysis) a térkép jelkulcsainak automatikus megtanulására épül (Samet és Soffer, 1998). Ezen megközelítés korlátja, hogy a térképkészítés szabályrendszerét általában komplex

szabályzatok rögzítik, pusztán a jelkulcs alapján csak korlátozott interpretáció lehetséges.

Vektorizálás nélkül, tisztán raszteres algoritmusokkal végez felismeréseket *Yamada et al.* (1994) 1:25 000 méretarányú japán topográfiai térképeken. Vonalak és szimbólumok elkülönítését végzi, továbbá magassági megírásokat ismer fel. A eljárás bitsíkok közötti műveletekre épül. Hátránya, hogy ilyen jellegű algoritmusok implementációja hatékonyan csak nagy párhuzamosságú (massively parallel) processzorral lehetséges.

Tan és Ng (1998) szintén raszteres eljárással különíti el a feliratokat a térkép vonalrajzától. Először a nagy, összefüggő alakzatokat eltávolítja (ezek feltehetően nem feliratok), majd multirezolúciós piramist használ. A kicsinyített képen egy felirat karakterei összefüggővé válnak, így detektálhatók.

Li et al. (1999) szintén a feliratok és vonalrajz elkülönítését veszi célba. A vizsgált 1:24000 méretarányú USA topográfiai térképekre jellemzőek a vonalrajzon átírt utcanévek. A cikk erre a problémára koncentrált. Szétválasztás után az utcahálózatot vektorosan, a megírásokat raszteres módon dolgozza fel.

Chen et al. (1996) 1:1000 méretarányú kínai kataszteri térképek interpretációjával foglalkozik. A helyrajzi számok arab számmal, a földrészlet jellege kínai írással szerepel a térképen. Vékonyítás után a vázon a végpontok és elágazási pontok sűrűségét vizsgálja, a sűrű területek jelentik a kínai írásjeleket.

Lladós et al. (1999) vonalkázott területek felismerésére használja a digitális képfeldolgozásból ismert Hough-transzformációt, eljárását francia kataszteri térképeken teszteli.

A MAPINT RENDSZER

A MAPINT (MAP INterpretation) általános célú interpretációs rendszer, amelynek jelenlegi változata elsősorban magyar kataszteri térképek (3. ábra) feldolgozását támogatja (*Katona és Hudra*, 1999a).

A rendszer beépült a Phare HU905.0203 sz. Land Consolidation Project keretében kidolgozott technológiába (*Omaszta és Szabó*, 1999). A program itt elsősorban a szkennelt kataszteri szelvények koordináta-transzformációját és a helyrajzi számok automatikus felismerését támogatja. Ez utóbbi lehetővé teszi a földrészletek geokódolását, és ennek segítségével a szkennelt raszteres állományokhoz való kapcsolását (*Katona és Hudra*, 1999b).

Elsősorban EOVRendszerű, 10×10 cm-es örkereszt hálózattal ellátott szelvényeket tételezünk fel. Feldolgozáskor mindig egy szkennelt raszteres (szabványos TIFF grafikus formátumú) és egy vektoros (saját DG formátumú) állományt kezelünk együtt, amelyek a képernyőn egymásra vetítve jelennek meg. A DG (*Drawing Graph*) adatstruktúra egy topológikus modell, amely komplex, hierarchikus struktúrák leírására is alkalmas, és jelentősen támogatja a felismerő algoritmusok implementálását (*Katona*, 2002).

A feldolgozás során egy szkennelt (raszteres) térképszelvényből indulunk ki, ilyenkor a DG még üres. A feldolgozás az alábbi fő lépésekből áll.

Koordináta transzformáció. A raszteres állományon meghatározzuk az örkereszt koordinátáit, amelyek a (most még üres) DG-be kerülnek letárolásra. Ezután affin transzformációval a szelvénykereten kívüli részt levágjuk. Az így transzformált raszteres állományok hézagmentesen illeszthetők majd egymáshoz.

Nyers vektorizálás. Vékonyítás alapú vektorizáló eljárással előállítjuk a rajz nyers vektoros képét (4. ábra), amely gráfként a DG-be kerül.

Felismerések. Az egyes térképi objektumok automatikusan felismerésre kerülnek, minden felismerési lépés utáni interaktív javításra van lehetőség. A műveletek során csak a DG változik.

DXF export. A generált vektoros DG adatstruktúra konverziója DXF formátumra.

3. ábra

Magyar kataszteri térkép részlete



Figure 3: Cutout of a Hungarian cadastral map

A rendszer központi részét a felismerő modul képezi, amely az alábbi műveleteket végzi.

- Szaggatott vonalak felismerése.
- Szimbólumok és megírások leválogatása (külön rétegbe helyezése).
- Számok (elsősorban helyrajzi számok és házszámok) felismerése.
- Kapcsolójelek (vagyis az épületek és földrészletek összetartozását kifejező szimbólumok) felismerése. Ezen felismerés eredményére épül az épületek és földrészletek behatárolása, lásd alább.
- Üregek eltüntetése. (Üregeken néhány pixelnyi „lyukat” értünk a rajzon, amely általában szkennelési hibából adódik.)
- Nullkörrel jelölt, állandósított részletpontok felismerése.
- Rajz korrekció: a vékonyítás alapú vektorizálás sajátos hibáinak javítása (lásd 4. ábra).
- Épületek és földrészletek felismerése.

4. ábra

Nyers vektorizálás
(baloldalt a szkennelt raszterkép, jobboldalt a vektorizálás eredménye)

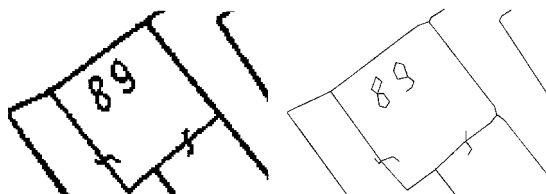


Figure 4: Raw vectorization: scanned raster image (left) and the vectorization result (right)

A fentiekkel a földmérési alaptérképek jellemző és nagy számban előforduló elemeire koncentráltunk, nem volt célunk valamennyi lehetséges jelkulcsi elem felismerése. Jó minőségű szkennelt anyagon a rendszer általában 90% feletti felismerési arányt produkál (Katona és Hudra, 1999a), gyenge minőségű (halvány, utólag javított stb.) anyagon azonban a felismerési arány jelentősen romolhat. A továbbiakban a fontosabb felismerő eljárásokat részletezzük.

Szaggatott vonalak felismerése

Az eljárás paraméterei

T (tolerance): a szaggatott vonal darabok egy egyenesbe esésének vizsgálatánál a megengedett legnagyobb eltérés értéke pixelben. Ha nagyobb értéket adunk meg, akkor „kanyargósabb” szaggatott vonalakat is felismer a rendszer, viszont előfordulhat, hogy más rajzi elemeket is szaggatott vonalnak tekint.

D (distance): két szaggatott vonal szakasz között megengedett maximális távolság pixelben.

Az algoritmus. Egymáshoz közeli A , B végpontokat keresünk. Jelölje A_1 és B_1 az A -ból ill. B -ből induló él másik végpontját, ekkor az élek egy egyenesbe esését a

$$Dev = \max(\text{dist}(A, A_1 B_1), \text{dist}(B, A_1 B_1))$$

értékkel jellemezzük, ahol $\text{dist}(A, A_1 B_1)$ az A pontnak az $A_1 B_1$ egyenesszakasztól való távolságát jelenti. Az (A, B) pontpár akkor felel meg céljainknak, ha $\text{dist}(A, B) < D$ és $Dev < T$ teljesül. Ha adott A ponthoz több ilyen B pontot is találunk, akkor azt választjuk, amelyre a $V = \text{dist}(A, B) + 2 \cdot Dev$

mérték minimális, vagyis ilyen esetben az egy egyenesbe esést preferáljuk a közelséggel szemben. Az (A, B) pontpárt csak akkor fogadjuk el, ha a fenti kritérium alapján nem csak A -hoz B a legközelebbi, hanem B -hez is A a legközelebbi. Szaggatott vonalnak tekintünk minden olyan vektorsorozatot, ahol a végpontpárok a fenti kritériumrendszernek megfelelnek.

Az algoritmus jellemzői

- Hajlított szaggatott vonalak (például szintvonalak) felismerésére is alkalmas. Ha a szaggatott vonalon éles törés van, akkor több szaggatott vonalként (szaggatott vonalláncként) ismeri fel az algoritmus.
- T-elágazásból induló szaggatott vonalakat is felismer.

Megjegyezzük, hogy *Chen et al.* (1996) részletesen dokumentált eljárást ismertet szaggatott vonalak felismerésére műszaki rajzokon. Ebből az eljárásból itt két jellemzőt emelünk ki.

- Különös gondot fordít szaggatott körök (körívek) felismerésére. (Térkép interpretációnál ennek csekély a jelentősége.)
- A T toleranciaérték helyett maximális szögeltérést vizsgál. Esetünkben azért döntöttünk az egyenestől való eltérés mérése mellett, mert a – magyar kataszteri térképeken gyakran szereplő – rövid szaggatott vonalak esetén már egy pixel eltérés is drasztikus szögváltozást eredményez.

Számok felismerése

Karakterek felismerését általában raszteresen szokták végezni (*Trier et al.*, 1996). Kétségtelen, hogy a vektorizálással információt veszünk, mégis a vektoros felismerés mellett döntöttünk az alábbiak miatt:

- a vektorizálás már egyfajta lényegkiemelést jelent (lásd például *Katona et al.*, 1995, ahol aláírás azonosításra alkalmaztunk vektorizált anyagot),
- a vektoros adat torzulásmentesen transzformálható elforgatott helyzetből alaphelyzetbe,
- így egységes adatstruktúrát (DG) használhat valamennyi felismerő algoritmus.

A felismerés előkészítéseként adott mérethatárok közé eső összefüggő részgráfokat keresünk a DG-ben (ezek a potenciális karakterek), amelyeket külön rétegbe helyezünk. Ezután egy egyenes mentén elhelyezkedő karaktersorozatokat keresünk klaszterező algoritmus segítségével. Ha ilyet találunk, ezzel a felirat elforgatási szögét is meg tudjuk határozni, és a feliratot alaphelyzetbe visszaforgatni.

A tényleges felismeréshez *feedforward neurális hálózatot* alkalmazunk *back-propagation* tanuló algoritmussal. A hálózat három rétegből épül fel, 17 elemű input vektort fogad és – a 0, 1, ..., 9 számjegyeknek megfelelően – 10 elemű output vektort generál (5. ábra). A felismerés eredményének azt a számjegyet fogadjuk el, amelynek megfelelő neurális kimenet a legnagyobb értéket adja – feltéve, hogy ez az érték elérte a K elfogadási küszöböt.

5. ábra

A felismerést végző neurális háló vázlata

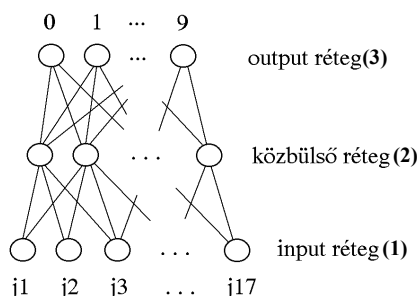


Figure 5: Sketch of the artificial neural network recognizing numbers on the map

Input layer(1), Middle layer(2), Output layer(3)

Poligonstruktúra bejárása

A feldolgozás során többször szükség van olyan algoritmusra, amely zárt poligonokat keres a DG gráfban. Alább ilyet ismertetünk.

Legyen $G=(V,E)$ tetszőleges irányítatlan síkgráf, ahol V a szögpontok halmaza, $E \subseteq V \times V$ pedig az élek halmaza. Az eljárás során minden $e=(v_i, v_j)$ élet kétszer címkézzük, $v_i \rightarrow v_j$ irányú bejáráskor f (forward), $v_j \rightarrow v_i$ irányú bejáráskor b (backward) címkével.

Algoritmus (6. ábra)

1. Keresünk egy élet, amely még nincs címkézve valamelyik irányban. (Ha már minden él mindkét irányban címkézve van, akkor készen vagyunk.)
2. Az élen a címkézetlen irányban indulunk, elágazásnál *jobbkéz-szabály* szerint haladunk tovább. Ez azt jelenti, hogy elágazásnál a leginkább jobbra kanyarodó élt választjuk. (Végpontnál visszafordulunk.) Az érintett éleket a bejárt irányban mindig címkézzük. Addig haladunk, amíg a kiindulási élhez vissza nem érünk.
3. Folytatás 1-gyel.

6. ábra

Példa gráf bejárására

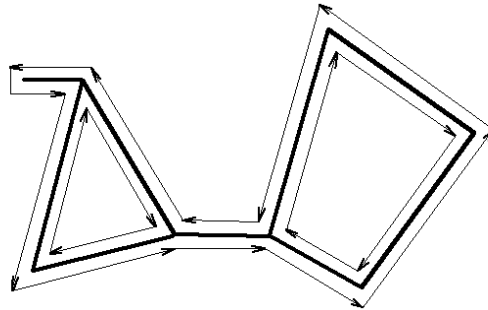


Figure 6: Example of walking along edges of the drawing graph

Belátható, hogy a fenti algoritmus nem akad el, vagyis a 2. lépésében a jobbkéz-szabály garantálja, hogy előrehaladásunk során mindig az adott irányban címkézetlen élt találunk, mindaddig, amíg vissza nem jutunk a kiindulási élhez. (A bizonyítást lásd Katona, 2001.)

Következmények

- Az algoritmus valamennyi zárt poligont pontosan egyszer jár körül az óramutató járása szerint. (Különálló poligonokat az ellenkező irányban is bejárja.)
- Nem csak poligonok, hanem más speciális alakzatok is bejárásra kerülnek (6. ábra).
- Az algoritmus lineáris idejű, mivel E minden elemét pontosan kétszer érintjük.

Természetesen hasonló gráfbejáró algoritmust más interpretáló rendszerek is használnak, de gyakran körülményesebb eljárást választanak, lásd például a Suzuki és Yamada (1990) által alkalmazott szegélykövető algoritmust.

A fenti algoritmust használjuk az üregek eltüntetésénél és a nullkör felismerésnél is, de legfontosabb alkalmazására a épületek és földrészletek felismerésénél kerül sor, amint ezt alább részletezzük.

Épületek, földrészletek felismerése

Az eljárás paraméterei

E_{min} : minimális épület méret

F_{min} : minimális földrészlet méret

A fenti értékek helyes megadásával elkerülhető, hogy különféle fel nem ismert részleteket (például vonallal összeérő betűtöredékeket) épületként, illetve földrészletként ismerjen fel a rendszer. Az algoritmus feltételezi, hogy a *helyrajzi számok*, *kapcsolójelek* és *nullkörök* felismerése és javítása már megtörtént.

Épületek felismerése

Végpontból induló vonalláncok ideiglenes törlése. A végpontból induló éleket addig töröljük, amíg elágazási ponthoz nem jutunk. Ezzel a vonalakra ragadt zajokat, jelkulcs-töredékeket stb. kivonjuk a felismerésből.

Poligon struktúra bejárása. Az E_{min} -nél nagyobb átmérőjű poligonok felvétele az „épület” rétegbe.

Sziget-poligonok kezelése. Amint a 7. ábrán látható, a nagyobb poligonban szigetként szereplő poligonokat az óramutató járásával ellentétesen is körüljárja a bejáró algoritmus. Az így keletkező poligon úgy ismerhető fel, hogy a szokásos területszámítással (Márkus, 1994) rá negatív érték adódik. Az ilyen poligont töröljük, és él-listáját a tartalmazó poligonhoz csapjuk, hiszen annak belső határát képezi. Ha nincs tartalmazó poligon, akkor a negatív területű poligon egy speciális „poligon” rétegbe kerül át, amelyet a felhasználónak kell majd ellenőrizni. A fentiek eredményeként az „épület” rétegben csak pozitív területű poligonok maradnak.

„Földrészlet-minusz-épület poligonok” törlése. Az „épület” rétegben olyan poligonok is maradnak, amelyek nem épületet, hanem egy földrészletnek az épületen kívüli részét ábrázolják. Az ilyenek onnan ismerhetők fel, hogy helyrajzi számot tartalmaznak (7., 8. ábra), amely tény pont-poligon algoritmussal detektálható. Az ilyen poligonokat töröljük.

7. ábra

Épületek és földrészletek felismerése

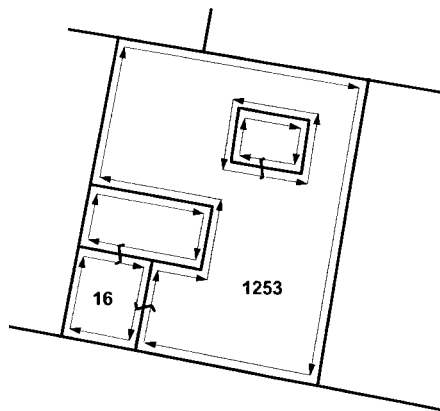


Figure 7: Recognition of buildings and parcels

8. ábra

Kétértelmű helyzet, kis épület nagy telken, illetve nagy épület kis udvarral (ilyen esetben a helyrajzi szám dönt, amely mindig az épületen kívüli telekrészen van)

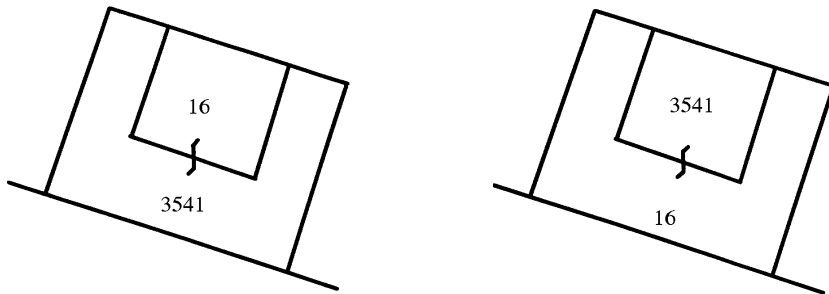


Figure 8: An ambiguous situation: small building on a big parcel, and big building with a small courtyard (with house number 16 and parcel number 3541 in both cases)

Földrészletek (telkek) felismerése

Kapcsolójel-hordozóélek ideiglenes törlése a belőlük kiinduló vonalláncokkal együtt. A kataszteri térkép logikája szerint a kapcsolójellel összekötött objektumokat területileg egyesítve kapjuk a megfelelő földrészlet területét, erre építjük a felismerő eljárást. Két, kapcsolójellel összekötött poligon egyesítése a közös határvonal törlésével lehetséges. Ezért törölünk minden kapcsolójel-hordozóélt, és mindkét irányban a belőle kiinduló vonalláncot addig, amíg elágazási ponthoz nem jutunk.

Poligon struktúra bejárása. Az F_{min} -nél nagyobb átmérőjű poligonok felvétele a "földrészlet" rétegbe.

Sziget-földrészletek kezelése. A negatív területű földrészlet-poligon éleit a tartalmazó poligonhoz csapjuk. Ha ilyen nincs, akkor a „poligon” rétegbe kerül.

Ideiglenesen törölt élek visszaállítása.

Megmutatható (Katona, 2001), hogy alkalmas térbeli indexeléssel a fenti komplex művelet sor lineáris időben végezhető, ami a gyakorlatban néhány másodperces futási időt jelent.

KÖVETKEZTETÉSEK

Bármennyire is kívánatos lenne a különféle interpretáló rendszerek teljesítményének számszerű összehasonlítása, ez meglehetősen nehéz feladat.

Phillips és Chhabra (1999) kísérletet tesz olyan objektív kritériumrendszer kialakítására, amely segítségével műszaki rajzokat feldolgozó rendszerek számszerűen összehasonlíthatók. A tanulmány három rendszer teljesítményét vizsgálja folytonos és szaggatott vonalak, körök, körívek és szöveg felismerésén. Természetesen csak olyan rajzi objektumok felismerése vethető össze, amelyeket mindegyik vizsgált rendszer tud, emiatt például az említett tanulmány eltekint a műszaki rajzokon kulcsfontosságú méretvonalak felismerésétől.

Az összehasonlítást tovább nehezíti a megfelelő tesztanyag kiválasztása (országonként különböző térképszabványok), a szoftver beszerzése, a szoftverek gyakran speciális hardver igényei (pl. gyorsítóprocesszor).

Utalunk viszont Hudra (2001) vizsgálataira, amelyek a MAPINT-et a RoSy rendszerrel hasonlítják össze. A szerző leprogramozta a MAPINT algoritmusok egy részét a RoSy fejlesztő környezetében, így a két rendszer hasonló felismerési eredményeket produkált. A MAPINT viszont lényegesen kedvezőbb futási eredményeket adott, amely a DG adatmodellnek és – szemben a RoSy interpreteres megoldásával – a közvetlen C nyelvű megvalósításnak köszönhető.

Összefoglalva, a különféle interpretáló rendszerek közös jellemzőiként az alábbiakat állapíthatjuk meg.

- A legtöbb rendszer csak adott térképtípusra és jó minőségű szkennelt anyag esetén hatékony.
- Egy rendszer használata során általában nagyszámú paraméter beállítása szükséges, ami speciális szakértelmet és gyakorlatot tételez fel. Ezért gyakori, hogy a fejlesztők maguk használják a rendszerüket, és csak ritkán adják el azt.
- Teljesen automatikus feldolgozást egyetlen rendszertől sem remélhetünk, manuális korrekciókra mindig szükség van. Egy rendszer jó esetben felére/negyedére csökkenti a manuális digitalizálás idejét.

A fenti megállapítások alapján talán érthető, hogy az automatikus interpretáció területén végzett komoly erőfeszítések és figyelemre méltó eredmények ellenére is a digitalizálási munkák jelentős része még mindig manuálisan történik.

IRODALOM

- Boatto, L., Consorti, V., Buono, M., Zenzo, S., Eramo, V., Esposito, A., Melcarne, F., Meucci, M., Morelli, A., Mosciatti, M., Scarci, S., Tucci, M. (1992). An Interpretation System for Land Register Maps. *Computer*, 7. 25-33.
- Chen, Y., Langrana, N.A., Das, A.K. (1996). Perfecting Vectorized Mechanical Drawings. *Computer Vision and Image Understanding*, 2. 273-286.
- Di Zenzo, S., Morelli, A. (1989). A useful image representation. *Proc. of 5th Internat. Conf. on Image Analysis and Processing*. World Scientific Publishing, Singapore, 170-178.
- Ebi, N.B. (1995). Image Interpretation of Topographic Maps on a Medium Scale Via Frame-based modelling. *International Conference on Image Processing*, IEEE Press, California, I. 250-253.
- Graphics Recognition (1996-2002). Selected papers of GREC workshops, *Lecture Notes in Computer Science*, Springer, 1072 (1996), 1389 (1998), 1941 (2000), 2390 (2002).
- Hudra, Gy. (2001). Interpretation of Hungarian Cadastral Maps. *Karlsruher Geowissenschaftliche Schriften, Reihe D, Band 8*, Fachhochschule Karlsruhe, 31.
- Hudra, Gy., Kern, H. (1999). Automatische Erkennung von linienhaften Strukturen auf gescannten Karten. *Horizonte*, Fachhochschule Mannheim, 15. 68.
- Katona, E., Palágyi, K., Tóth, N. (1995). Signature verification using neural nets. *Proceedings of 9th Scandinavian Conference on Image Analysis*, 1115-1122.
- Katona, E., Hudra, Gy. (1999a) An Interpretation System for Cadastral Maps. *Proceedings of 10th Internat. Conf. on Image Analysis and Processing*, IEEE Computer Society, 792-797.
- Katona, E., Hudra, Gy. (1999b). Kataszteri adatfeltöltés automatikus térkép felismeréssel. *Térinformatika*, 8. 12-13.

- Katona, E. (2001). Automatikus térkép interpretáció. Ph.D. értekezés, Szegedi Tudományegyetem.
- Katona, E. (2002). Vector-based map interpretation. Proceedings of the Conference of the Hungarian Association on Image Processing and Pattern Recognition, Von Neumann Computer Society, 192-200.
- Kern, H., Mezősi, G., Garay, G. (1997). Korszerű eszköz segíti a térképek automatikus vektorizálását. Térinformatika, 4. 23.
- Klauer, R. (1993). Untersuchungen zur Optimierung von Verfahren der automatisierten Digitalisierung von Flurkarten. Diplomarbeit, Hannover.
- Lladós, J., Martí, E., Lopez-Krahe, J. (1999). A Hough-based method for hatched pattern detection in maps and diagrams. Internat. Conf. on Document Analysis and Recognition, IEEE Press, Los Alamitos, California, 479-482.
- Li, L., Nagy, G., Samal, A., Seth, Sh., Xu, Y. (1999). Cooperative Text and Line-art Extraction from a Topographic Map. Internat. Conf. on Document Analysis and Recognition, IEEE Press, Los Alamitos, California, 467-470.
- Márkus, B. (1994). (szerk.): NCGIA Core Curriculum, magyar fordítás (az eredeti kiadás szerkesztői Goodchild, M.F. és Kemp, K.K.). EFE FFFK, Székesfehérvár.
- Niemann, H., Sagerer, G.F., Schröder, S., Kummert, F. (1990). ERNEST: A Semantic Network System for Pattern Understanding. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 9. 883-905.
- Omaszta, S., Szabó, J. (1999). TAKAROS lehetőségek az EU csatlakozás tükrében. Geodézia és Kartográfia, 6.
- Phillips, I.T., Chhabra, A.K. (1999) Empirical Performance Evaluation of Graphics Recognition Systems. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 9. 849-870.
- Samet, H., Soffer, A. (1998). MAGELLAN: Map Acquisition of GEographic Labels by Legend Analysis. International Journal on Document Analysis and Recognition, 89-101.
- Suzuki, S., Yamada, T. (1990). MARIS: Map Recognition Input System. Pattern Recognition, 8. 919-933.
- Tan, C.L., Ng, P.O. (1998). Text Extraction Using Pyramid. Pattern Recognition, 1. 63-72.
- Trier, O.D., Jain, A.K., Taxt, T. (1996). Feature Extraction Methods for Character Recognition – A survey. Pattern Recognition, 4. 641-662.
- Yamada, H., Yamamoto, K., Saito, T., Hosokawa, K. (1994). Recognition of Elevation Value in Topographic Maps by Multi-Angled Parallelism. Int. Journal of Pattern Recogn. and Artif. Intell., 1149-1170.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Katona Endre

SZTE Informatikai Tanszékcsoport
6720 Szeged, Árpád tér 2.

*University of Szeged, Department of Informatics
H-6720 Szeged, Árpád tér 2.*

Tel.: 36-62-546-195, Fax: 36-62-546-397

e-mail: katona@inf.u-szeged.hu



A KÜVET készítésének tapasztalatai és alkalmazási lehetőségei

Purger Z.

Zala Megyei Földhivatal, Zalaegerszeg, 8900 Mártírok útja 35-39.

ÖSSZEFOGLALÁS

Magyarországnak az Európai Unióhoz történő csatlakozási előkészületei során egyik fontos feladata a jól működő ingatlan-nyilvántartási rendszer alkalmazása, amelyben a tulajdonjogi és a földhasználati nyilvántartás is megtalálható. Ehhez a korszerű nyilvántartáshoz teremt digitális térképi alapot az analóg ingatlan-nyilvántartási térkép átalakításából származó külterületi vektoros térkép (KÜVET), amely az állami alapadatokra nézve az eredeti analóg térkép hiteles, digitális másolata. Felépítéséből és előállításából adódóan azonban helyenként nagyobb pontosságú és többlet információval rendelkezik az analóg térképhez képest.
(Kulcsszavak: külterületi vektoros térkép, KÜVET)

ABSTRACT

The experience of creation and application possibilities of KÜVET

Z. Purger

Land Office of Zala County, Zalaegerszeg, H-8900 Mártírok útja 35-39.

During the preparations for joining the European Union, one of Hungary's important tasks is to apply a well operating real estate registration system, including owner rights and land utilization data registrations. For this up-to-date registration a digital map source can be provided by the Periphery Vector Map (Hungarian abbreviation: KÜVET), based on a converted analogue real estate registration map. This is an authoritative, digital copy of the original analogue map, considering the common state data, but because of its structure and the process of its generation, at some points it can be more accurate and can have more information than the analogue map.

(Keywords: Periphery Vector Map, KÜVET)

BEVEZETÉS

Magyarországnak az Európai Unióhoz történő csatlakozási előkészületei során egyik fontos feladata a jól működő ingatlan-nyilvántartási rendszer alkalmazása, amelyben a tulajdonjogi és a földhasználati nyilvántartás is megtalálható. Ez a korszerű nyilvántartás elképzelhetetlen olyan digitális alaptérkép nélkül, amely tartalmazza az ingatlanok elhelyezkedését és a rendszer szempontjából fontos leíró adatait. A földmérési és térképészeti tevékenységről szóló 1996. évi LXXVI. törvény határozza meg az állami földmérési alaptérkép fogalmát, amely a nyilvántartás egyik alapját képezi. Az állami földmérési alaptérkép az egységes országos térképrendszerben készült olyan nagy méretarányú térkép, amely állami alapadatként tartalmazza a közigazgatási határokat, a

földrészleteket, azok határvonalait, helyrajzi számait és egyéb azonosítóit, művelési ágait, a művelés alól kivett területeket, a földrészleteken lévő épületeket, továbbá a szakmai szabályzatokban foglalt módon a különféle építményeket és létesítményeket, valamint a névrajzot. A digitális formátumú földmérési alaptérkép fogalmi modellje 1997-ben került meghatározásra szabvány formájában. A szabvány definíciója alapján a digitális alaptérkép (DAT) a földrészletek, mesterséges és természetes földfelszíni és felszínközeli alakzatok alakhüen, esetenkénti általánosítással és kölcsönös viszonyuk kifejezéséhez szükséges tartalmi részletekkel történő számítógépes leképzése adatbázisban az MSZ 7772-1 szabványban előírt követelmények szerint és összhangban az „alaptérkép” fogalommal. A magyarországi földmérési, nagyméretarányú térképek céljait összesítő jelleggel szolgáló digitális alaptérkép az egységes országos térképrendszer (EOTR) része, amely tartalmazza az ingatlan-nyilvántartási adatokat is, valamint alapként és csatlakozó felületként szolgál az önkormányzati, közmű, közlekedési, vízügyi és más szakági felmérésekhez, továbbá a nagyméretarányú alapokat igénylő térinformatikai rendszerekhez. A Nemzeti Kataszteri Program Közhasznú Társaság felállításával nagy lendülettel kezdődött meg a munka hazánkban a digitális térképek előállítására. Mivel azonban ez sok helyen teljes újfelmérést, azaz rengeteg terepi mérést és feldolgozást igényelt, az egyre égetőbben jelentkező digitális térképi hiány feloldására szükséges volt egy gyorsabb módszer kidolgozása. Erre jelent megoldást az analóg térképek olyan digitális átalakítása, amely az időközi változások bedolgozására és későbbi DAT átalakításra alkalmas. Több szempont mérlegelése alapján ez a térkép-átalakítás a külterületeken kezdődött el vektoros formátumú térképek készítésével. Az így keletkező külterületi vektoros térkép (KÜVET) a külterületi analóg ingatlan-nyilvántartási térkép átalakításából származó vektoros térképi adatállomány, amely az állami alapadatokra nézve az eredeti analóg térkép hiteles, digitális másolata.

A Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztériumban – helyettes államtitkári szinten tartott egyeztetés után – a Földügyi és Térképészeti Főosztály a külterületi vektoros térképek készítésének elindítására először négy mintaterület kísérleti munkájának beindításáról döntött. A kísérleti munka célja az ország teljes külterületére előállítandó digitális térképezés beindításának megalapozása, valamint szakmai és pénzügyi feltételek modellezése volt. Ez a projekt a földprivatizációt követő évek legnagyobb jelentőségű földmérési munkáját jelentette, ugyanis alig tíz hónap alatt – viszonylag nem nagy földmérői kapacitás bevonásával az ország 121 településének külterületén mintegy 300 ezer hektár nagyságú területről készült el az ingatlan-nyilvántartási továbbvezetésre is alkalmas digitális térkép.

A mintaprojektek tapasztalatainak feldolgozása után a munkát koordináló Nemzeti Kataszteri Program (NKP) Kht. megbízásából és finanszírozásával indult el először négy megyében – köztük Zalaiban – az összes településre vonatkozóan a külterületek vektoros digitális térképeinek elkészítése. A feladat elvégzésének egységes szabályozása érdekében kiadott *Útmutató a külterületi ingatlan-nyilvántartási térképek vektoros feldolgozásához* határozta meg a teljes munkafolyamat lépéseit, valamint tartalmi és formai követelményeit.

A KÜVET készítésében közreműködők

A külterületi vektoros térképek elkészítése a szakma széles rétegét öleli fel.

- A Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium Földügyi és Térképészeti Főosztálya határozza meg a részvételi sorrendet, adja a KÜVET készítésére a megbízást az NKP Kht.-nak, vezeti a közbeszerzési eljárás értékelő bizottságát és ellenőrzi a térképkészítés menetét.
- A Nemzeti Kataszteri Program Közhasznú Társaság jelöli ki és bízta meg a szakértőt, szerződést köt a földhivatallal az értéknövelt adatszolgáltatás teljesítésére,

lefolytatja a közbeszerzési eljárást, továbbá ellenőrzi az állami átvételi vizsgálatot és átveszi az elkészült térképet.

- A Földmérési és Távérzékelési Intézet részt vesz a főbb munkafázisok bizottsági munkájában és a készítés ellenőrzésében.
- A szakértő ellenőrzi a készítésre vonatkozó földhivatali adatokat és végrehajtja a szükséges elemzéseket és összegzéseket, majd javaslatot tesz az elvégzendő feladatokra, a feldolgozás ütemezésére és a feldolgozási módszerek megválasztására.
- A földhivatal a munka összefogására koordinátort jelöl ki, elvégzi az adatgyűjtést, az értéknövelt adatszolgáltatást, majd az állami átvételi vizsgálatot és a forgalomba helyezést.
- A KÜVET koordinátor a megyei földhivatal képviselőjében kapcsolatot tart a résztvevőkkel és szakmai irányítónak vezeti a földhivatali munkákat.
- A vállalkozó műszaki tervet készít az értéknövelt adatszolgáltatás és a közbeszerzés ajánlati felhívása alapján, majd végrehajtja a digitális térkép készítésének feladatait, nem szabályozott kérdések esetén a földhivatal állásfoglalása alapján.

A KÜVET készítésének ütemezése

A KÜVET készítésének *feldolgozási egysége* egy körzeti földhivatal illetékességi területére eső települések teljes külterülete. A digitális állományok ezen belül településenként vannak elkülönítve.

A feladat végrehajtásának ütemezése négy szakaszra osztható. A *szakértői szakaszban* a szerződések megkötéséhez és a közbeszerzési eljárások megindításához szükséges adatok összegyűjtése és rendezése jelenti a szakértői feladatokat. A földhivatal feladata ehhez a tevékenységhez az adatgyűjtés biztosítása. A szakértői szakasz egy hónapot vesz igénybe, amely maximálisan még egy hónappal meghosszabbítható. A második szakasz a *földhivatali értéknövelt adatszolgáltatás*, amelynek nagy része digitális térkép megszerkesztése meglévő digitális és numerikus adatokból. Erre az állományrendezésre 2-3 hónap áll rendelkezésre. Ezt követi 1-1,5 hónapig a térképek szkennelése, amely a hiányzó részek digitális átalakításához teremt alapot. A harmadik szakaszban – a *vállalkozói feldolgozás* szakaszában – 2 hónap alatt kerül sor a vektorizálásra, valamint a teljes térképi állomány összeállítására. Az ingatlan-nyilvántartási földkönyvvél való összehasonlítás eredményeképpen a munkaszakasz végén elkészül a terület-összehasonlító lista. A negyedik szakasz a *földhivatali záró munkákat* jelenti, amely az 1 hónap időtartamú állami átvételi vizsgálatot, a szintén 1 hónap idejű hibajavításokat, végül a 0,5-1 hónapig tartó utóellenőrzést és a zárójegyzőkönyvek elkészítését foglalja magában. Mivel a feladatok párhuzamosan folynak, így az első ütem időtartama 8-9 hónap, a továbbiak viszont 5-6 hónap alatt készültek el. Zala megyében az öt ütem átfutási ideje 18 hónap, amely összesen 203 (19+23+67+47+47) település külterületi digitális térképeinek elkészítését jelenti.

A KÜVET készítésének feladatai és felépítése

A KÜVET készítése során a földhivatal egyrészt hatósági feladatokat lát el, másrészt értéknövelt adatszolgáltatást végez.

Hatósági feladatok

- A KÜVET koordinátor kijelölése.
- Az adatgyűjtés végrehajtása, a szakértő adatértékelési munkájának támogatása.
- A Feldolgozási Napló felfektetése, amelyben dokumentálásra kerülnek a munka során előforduló sajátosságok, a felmerült kérdések, valamint a végrehajtott intézkedések.

- Az analóg ingatlan-nyilvántartási és talajosztályozási térképek digitalizálásra (szkennelésre) való előkészítése.
- A szkennelés teljességének és hibátlanságának ellenőrzése.
- Az állományrendezési munkák után az értéknövelt adatszolgáltatás teljesítése.
- A vállalkozó problémáinak koordinálása, megoldása állásfoglalások kiadásával.
- Az állami átvételi vizsgálat végrehajtása.
- A munka befejeződése után pedig a digitális térképek ingatlan-nyilvántartási forgalomba helyezése, majd folyamatos változásvezetése és azokból adatszolgáltatások teljesítése.

Az értéknövelt adatszolgáltatás elemei

- A közigazgatási határvonalak adatbázisának bedolgozása, ellenőrzése, a jelentkező hibák kijavítása és az ellentmondások feloldása. A feladat végrehajtása során a közigazgatási határvonal egyeztetése határszakaszonként, a szerkesztett és a szomszédos települések jogerős állományainak a figyelembevételével történt. A határvonalakat a jogerős állománnyal és az ingatlan-nyilvántartási térképpel is egyeztetettük.
- A földprivatizáció (kárpótlás, részarány-tulajdon kiosztás) során elkészített digitális állományok, numerikusan készült sajátos célú földmérési munkák (kisajátítások, megvalósulási térképek, megosztások, stb.) rendezése, egységes állományba történő szerkesztése. A munkafeladat részeként a település jogerős állományának tartalmi, szerkezeti, kódolási hiányosságainak megszüntetését végeztük el. A földrészleteket, alrészleteket és minőségi osztályokat egyeztetettük az ingatlan-nyilvántartási térképpel és a földkönyvvel, majd a feltárt hibákat javítottuk, illetve a hiányosságokat pótoltuk.
- A rendelkezésre álló analóg és numerikus földmérési munkarészek bedolgozása.
- A talajosztályozási térképekről a minőségi osztályok határvonalainak digitalizálása.
- A vízszintes és magassági állami alappontok betöltése.
- Az állományrendezés utolsó szakaszában megtörtént a hiányzó feliratok pótlása, a pontkódolás javítása, kiegészítése, a jelkulcsok bevitele, pótlása a pontkódolással és az ingatlan-nyilvántartási térképi ábrázolással összhangban, a kiegészítő digitalizálás végrehajtása, valamint a földrészletek előzetes területellenőrzése.
- A fenti feladatok belső és minősítő vizsgálatának végrehajtása, majd a feltárt hibák javításának elvégzése. A munka megkezdése előtt az alapvető rendezési elveket a közreműködők részvételével tartott munkamegbeszélésen tisztáztuk és írásban rögzítettük. Az elkészített útmutató szerint történt a munkavégzés, illetve az ellentmondások feloldása. Az egyes munkafázisok során talált eltéréseket, azok javítását, valamint a végrehajtott műveleteket a Feldolgozási Napló folyamatos vezetésével dokumentáltuk.

A külterületi vektoros térképkészítés bonyolult, sokrétű feladat, ezért folyamatos adatértékelést, adatminősítést tartalmazó szerkesztői munkát és összetett koordinációt igényel. A résztvevők száma és szakterületeinek különbözősége miatt összehangolt együttműködésre van szükség. A hatékony munka feltétele ezeken kívül az előzetesen elvégzendő pontos erőfelmérés, a részfeladatok határidőinek következetes betartása, továbbá a végrehajtás során a személyi, tárgyi és szakmai feltételek folyamatos biztosítása. A munka kiemelt szempontja a minőség, ezért nagyon fontos, hogy minden résztvevő alapos és lelkiismeretes munkát végezzen. Az összeférhetetlenség biztosítására a készítőket, a belső vizsgálókat és az állami átvételi vizsgálatot végző személyeket elkülönítettük.

A vállalkozói közreműködéshez a földhivatal az értéknövelt adatszolgáltatás során biztosítja a digitálisan feldolgozott területekről a rendezett ITR állományt, az EOVB-ba transzformált raszteres állományokat a kiegészítő digitalizáláshoz a feldolgozandó földrészletek listáját, átnézeti térképet a végleges állományrendezés áttekintéséhez, valamint az ingatlan-nyilvántartási adatokat tartalmazó földkönyvet az egyeztetés végrehajtásához.

A vállalkozó feladatai

- Az értéknövelt adatszolgáltatás során kapott digitális állomány kiegészítése képernyődigitalizálással.
- A szerkesztési munkák végrehajtása, a jelkulcsok elhelyezése, a feliratok rendezése, kiegészítése, illetve a pontszámozás és pontkódolás elvégzése.
- A szerkesztés során felmerült problémák előfordulásakor állásfoglalások kérése a földhivaltól.
- A szerkesztési munka befejezése után a belső vizsgálat végrehajtása, majd a hibajavítások elvégzése, végül a földkönyv alapján a területi eltérések listájának és a minősítésnek az elkészítése.

Az állami átvételi vizsgálat

Végrehajtása más térképkészítési munkák állami átvételi vizsgálatával azonos módon, egységes szempontrendszer alapján történt. A vizsgálat alkalmassági vizsgálatból, valamint tételes és mintavételes ellenőrzésből állt, szempontjai az útmutató előírásainak figyelembevételével kerültek kidolgozásra. A bejegyzett hiányosságok és hibatételek száma nem egy esetben meghaladta a belső vizsgálati észrevételek számát.

A feltárt hibák javítását mindig a készítő hajtotta végre, ezért nagy figyelmet igénylő feladatot jelentett az egységes állományból a földhivatal és a vállalkozó munkájának elkülönítése. A javítást követően az állami átvételi eljárásban résztvevő vizsgálók elvégezték az utóellenőrzést, illetve településenként elkészítették a térképkészítési munka zárójegyzőkönyvét.

A KÜVET felhasználásának lehetőségei

A külterületi analóg ingatlan-nyilvántartási térkép átalakításából származó vektoros digitális állomány elkészítésével ingatlan-nyilvántartási térképként történő továbbvezetésre alkalmas térkép jött létre. Az állami átvételi vizsgálatot követő befejező munkák során azonban a térkép és az ingatlan-nyilvántartás tételes egyeztetésére, valamint az új térképnek az utolsó bedolgozást követő változások átvezetésével való naprakésszé tételére van még szükség. A forgalomba helyezés előtt a 10%-ot meghaladó területi eltérések okának tisztázását, esetlegesen megszüntetését – ha lehetséges –, valamint a tulajdonosoknak határozattal történő értesítését (az ingatlanok területváltozásáról és annak okáról) el kell végezni. Ezek után az ingatlan-nyilvántartási továbbvezetésre két lehetséges megoldás kínálkozik. Egyrészt a területi munkarészek párhuzamos továbbvezetésével – ingatlan-nyilvántartási forgalomba adás nélkül – mintegy grafikus területként kezelve a tulajdoni lap területi adataitól eltérő térképi területeket, másrészt úgy, hogy jogszerűen végrehajtjuk az ingatlan-nyilvántartás átalakítását és ennek során a térképi területeket az ingatlan-nyilvántartásba átemeljük. Ennek a folyamatnak a részletes kidolgozása a közeljövő feladata. Véleményem szerint az első lehetőséget célszerű alkalmazni, hiszen a külterületi vektoros térképkészítés során tulajdonképpen nem új térkép készítése folyik, hanem a hatályban lévő ingatlan-nyilvántartási térkép digitális átalakítása, amelynek a végterméke egy digitális

térképmásolat. Ez a digitális állomány azonban egyrészt tartalmilag jobb az analóg papírtérképnél, mert a feldolgozás során az ingatlan-nyilvántartás adattartalmával egyezően kerül előállításra, másrészt a pontossága és terepi állapottal történő egyezősége a numerikusan feldolgozott földrészletek esetében jobb, mint az analóg térképi ábrázolás, ugyanis térképezési pontatlanságból eredő hibák nem terhelik. A digitalizált tartalom esetében a pontossága gyakorlatilag azonos az analóg térképével. A területszámítás tekintetében is javulás mutatkozik az analóg térképpel szemben, mert a kimutatható és kezelhető területszámítási hibák a szerkesztés során javításra kerülnek. A helyesen ábrázolt földrészletek új területszámításából számított adatok általában a szakmai szabályzatokban előírt tűréshatáron belül megegyeznek az ingatlan-nyilvántartásban szereplő területtel, így ezek esetében területszámítási hiba a következőkben már nem fordulhat elő. Figyelemmel arra, hogy a részaránykiadás címén keletkezett tulajdonközösség megszüntetésével vagy az elkövetkezendő birtokrendezések során jelentős számú – jelenleg még részben vagy egészben csak digitalizált – földrészlet numerikus feldolgozására kerül sor, ezért ez az eljárás látszik alkalmasnak arra, hogy minden keretmérés után ne kelljen térképezési hiba javítására eljárást kezdeményezni, ugyanakkor sok esetben ezen ellenőrzések végrehajtása után – mivel a térképi állapot kitűzhető – a jelenlegi grafikus határvonal numerikussá változtatható minden eltérés nélkül. A megoldás hátránya, hogy precíz földhivatali koordinációs munkát kíván és vélhetően a munka mennyiségét is jelentősen megnöveli, de biztosan kevesebb munkabefektetést igényel, mintha egyedi térképezési hiba kijavítására irányuló hatósági eljárást folytatnánk le egy szabályszerűen forgalomba adott térkép esetében.

A digitális térképek iránt egyre nagyobb kereslet mutatkozik, így az elkészült KÜVET-ről mindenképpen elmondható, hogy piacképes. A földmérési és térképészeti tevékenységről szóló 1996. évi LXXVI. törvény 9. § állami feladatként határozza meg a földmérési alaptérképek elkészítését – új térkép előállítása esetén számítógépen kezelhető módon –, a 15. § pedig az így készült digitális térképek kötelező felhasználását rendeli el önkormányzati térinformatikai rendszerek megalapozásához. Tehát ezek a térképek használandók a közeljövőben az általános településrendezési tervek készítésénél, mezőgazdasági és más célú nyilvántartási rendszerek referencia-felületeként, illetve nem utolsósorban a TAKAROS (Térképen Alapuló Kataszteri Rendszer Országos Számítógépesítése) térképi moduljában is, mivel úgy került kidolgozásra, hogy DAT átalakításra alkalmas legyen.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Purger Zoltán

Zala Megyei Földhivatal

8900 Zalaegerszeg, Mártírok útja 35-39.

Land Office of Zala County

H-8900 Zalaegerszeg, Mártírok útja 35-39.

Tel.: 36-92-597-600, Fax: 36-92-597-601

e-mail: purger@takarnet.hu



Térinformatikai oktatás és a felhasználói fogadókészség erősítése („élethosszig tanulás”)

Márkus B., Szepes A.

Nyugat-Magyarországi Egyetem, Geoinformatikai Főiskolai Kar, Székesfehérvár, 8000 Pirosalma u. 1-3.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az előadásban szólunk a székesfehérvári kar képzési és továbbképzési tevékenységéről a térinformatika terén. Kiemeljük azokat a fordulópontokat, melyek meghatározóak a Kar életében. Különösen hangsúlyozzuk a továbbképzés szerepét, jelentőségét. Bemutatjuk, hogy Karunk széles választékot ajánl a továbbképzés iránt érdeklődőknek a középfoktól a felsőfokig. Az egyes képzések részletes ismertetése a megadott Internet oldalakon találhatóak. Végezetül szólunk a társadalmi fogadókészségről, mely végzettjeink elismerését is jelenti.

(Kulcsszavak: térinformatikai oktatás, felhasználói fogadókészség)

ABSTRACT

Teaching GIS and strengthening user receptiveness (lifelong learning)

B. Márkus, A. Szepes

Department of Geoinformation Science, College of Geoinformatics, University of West Hungary
Székesfehérvár, H-8000 Pirosalma u. 1-3.

In our lecture we will talk about the professional postgraduate activity on GIS. We highlight the turning points in our Faculty's life. We especially emphasize the role and importance of postgraduate courses. We introduce our wide offer of postgraduate courses from the secondary until the advanced level. For every course the guideline can be found at the indicated web pages. At last we mention the public acceptance which also means the recognition of our graduated students.

(Keywords: education of geoinformatics, user receptivness)

BEVEZETÉS

A térinformatika napjainkra túlnőtt az alapkutatás korán, és elérkezett a felhasználó korszak. Ez azt jelenti, hogy már a legkülönbözőbb szakterületeken megjelenik a térinformatika, mint az adott szakmák segédeszköze, és ez így természetes is! Az oktatásnak mindig meg kell előznie a napi igényeket, azaz mindig újabb megoldásokat kell szolgáltatnia. Ugyanakkor fontos a meglévő felhasználói igények figyelése és kielégítése is. Ezt a kettősséget az alapképzés és a továbbképzés együttese tudja csak feloldani. Ebből a folyamatból keletkezett az „élethosszig tanulás” (lifelong learning) fogalma.

AZ ALAPKÉPZÉS HELYZETE

A GEO* (<http://www.geo.info.hu>) igen korán kezdett foglalkozni a térinformatika oktatásával, követve a fejlettebb országok példáját. Már az 1980-as években létrejött a Távérzékelési és Térinformatika Tanszék. Ez a szervezeti forma nem sokáig működött, mert a gyorsan változó környezet mást követelt. Ezért 1994-ben, az országban elsőként alakult olyan önálló szervezeti egység, mely erre a feladatra létesült, azaz a Térinformatika Tanszék. Közel azonos időben több képzési helyen is megjelent a térinformatika, de csak egy másik szervezeti egység részeként.

A GEO Térinformatika Tanszéke „a térinformatika terjesztése és formálása” feladatát választotta küldetésének. Ezen belül a legfontosabb céljai:

- az információtechnológia és térinformatika oktatás élvonalát képviselni,
- nemzetközileg elismert térinformatikai oktatási központtá válni,
- tudatosan megújulva, mindenkor kielégíteni hallgatóink igényeit,
- magasan képzett és elkötelezett munkatársakkal rendelkezni,
- hazai és nemzetközi kapcsolatrendszerünket bővíteni,
- partnereinkkel hosszútávú és kölcsönösen előnyös kapcsolatokat kialakítani,
- aktívan tevékenykedni egy globális térinformatikai oktatási hálózat kiépítésén,
- segíteni a térinformatika más szakterületekre való beépülését,
- megfelelni a Kar, az Egyetem, és a szakma elvárásainak.

Az alapképzésben a kezdeti Térinformatika nevű tantárgy az új tantervekben igen gyorsan változott, tagolódott. Először a Térinformatikai elemei nevű alapismereti tárgy, valamint az erre épülő Térinformatikai menedzsment, a Térinformatikai alkalmazások és a Térinformatikai módszerek jelentek meg. E környezethez tartozik még az Adatintegrálás tantárgy is. A Tanszék teljes képzési struktúrájának áttekintéséhez tartozik természetesen a fentieket megalapozó Információtechnológia tárgy is.

A következő fontos lépés az volt, amikor létrejött a földmérő szakon belül a térinformatika szakirány. A képzésbe már speciálisabb ismereteket lehetett bevonni. Ennek jeleként először a gyakorlati képzés változott, ahol a szakirányosok magasabb óraszámban tanulják a speciális ismereteket.

A 2002. szeptemberében bevezetett ún. kredites tanterv újabb változásokat hozott e téren. Az alapképzés 2 féléves lett, Térinformatika néven magában foglalja a korábban szakirányos ismeretek egy részét is, a térinformatikai módszereket. Ez mutat arra, hogy ezen ismeretek használata már nem egy speciális szakterület sajátja, hanem általánosabban alkalmazható a mérnöki szakmákban. (A speciális felhasználásokról majd a továbbképzés során szólunk.) Hasonló változást jelent, hogy önállóvá vált a Rendszerszervezés és tervezés tantárgy, mely eddig a Térinformatikai menedzsment része volt. Ráadásul e tárgyat is a teljes mérnöki évfolyam hallgatja, jelezve ezzel is a széleskörű felhasználhatóságot.

TOVÁBBKÉPZÉS

A Karon a továbbképzés egyidős a főiskolává válással. Az első nagy feladat a korábban felsőfokú technikai végzettséggel rendelkezők főiskolai szintű továbbképzése volt. Ez

* GEO a Nyugat-Magyarországi Egyetem Geoinformatikai Főiskolai Karának hivatalos rövidítése.

hihetetlen nagy erőpróbát jelentett az új képzési forma megvalósítása mellett, hiszen közel 700 hallgató végzett így 3 év alatt.

Kisebb szünet után 1983-ban indult először szakmérnöki képzés a Karon. Elsőként a Geodéziai adatfeldolgozó és az Ipari geodézia szakok indultak el. Ez jól mutatja a kor akkori igényét. Még folytak a nagy ipari beruházások, kellett a speciális szakismeret. Megjelentek azok a korszerű feldolgozó eszközök, elsőként az ún. zsebszámológépek, melyek gyökeresen megváltoztatták az adatok feldolgozásában addig követett módszereket. Ugyanabban az évben indult egyszer Fotogrammetriai szak is, melynek ismeretei később beolvadtak a másik szakokba.

1989-ben az adatfeldolgozás már nem elégítette ki a felhasználó igényeket, így átalakult a szak, elindult a Térinformatika és geodéziai alapjai szak, mely kezdete volt az 1994-ben önállósult Térinformatika szaknak.

Az Ingatlankataszteri szak 1992-ben alakult, és több évfolyamot is megélt.

A rövid áttekintés után a továbbiakban csak a térinformatikai képzésről szólnunk!

Az önállósult Térinformatika Tanszék (<http://geoinformatika.cslm.hu>) azonnal felismerte a továbbképzés jelentőségét, ezért az első perctől kezdve nagy hangsúlyt fektetett erre. A változást lehetett volna a meglévő képzés korszerűsítésével is végezni, mégsem ezt az utat választotta. Felhasználva a nemzetközi kapcsolatokból adódó lehetőségeket, honosította az Angliából elindult UNIGIS (<http://www.unigis.hu>) képzést. Ez a forma már akkor is több európai országban került alkalmazásra. Az első lépés a teljes tananyag átvétele mellett, a magyarországi specialitások beépítése volt. A tananyag az induláskor csak angol nyelven állt rendelkezésre. Ehhez fűztek hazai alkalmazásokat, példákat a tantárgyfelelősök. Már az induláskor felmerült a tananyagok fordításának gondolata, csak nem volt hozzá elég szakember és energia. Két modul esetében történt meg a részleges fordítás. Gondot jelentett az is, hogy az eredeti szerzők évente frissítették az anyagokat, így gyorsan elavultak ezek a honosított változatok.

Az UNIGIS szervezethez való csatlakozás nemcsak a tananyagokban jelentett hatalmas fejlődést, hanem az oktatás módszertanában, mert ez a képzés már a távoktatásra épült. Ez akkor még hazánkban újszerű volt, az oktatók is a hallgatókkal egyidőben tanulták ennek alkalmazását. Nagy könnyebbséget jelentett ebben, hogy a bevezetés időszakában már folyt távoktatás-módszertani képzés.

Az UNIGIS szervezet mára több mint 20 országot ölel fel, ahol egyes helyeken több képzőközpont is működik. A nagy bővülés igényelte a szervezeti keretek változását is, és létrejött az UNIGIS International a képzés összefogására. Magyarországon szinte az első perctől kezdve képzőhely a Debreceni Egyetem, melynek Víz-és Környezetgazdálkodási Tanszéke csatlakozott a képzéshez. Volt más kísérlet is, de azok rövid életűek voltak.

A földmérő szakmát igen gyorsan érintette a számítástechnikai környezet hatalmas változása. Mivel igen számítás igényes munkáról van szó, szinte természetesnek mondható ez. Így a korszerű adatnyerés és feldolgozás révén mindennapossá vált a digitális térképek előállítása és használata. Ez hatott a földhivatalok életére is! PHARE támogatással megkezdődött az ingatlan-nyilvántartás korszerűsítése, számítógépesítése. Ez kihívást jelentett a képzésre is, hiszen a szakemberek ismeretei még nem frissültek megfelelő ütemben. Így a Kar is pályázott a TEMPUS programban, és ennek eredményeként elkezdődött egy új képzési forma kidolgozása, mely OLLO (Open Learning for Land Offices), Nyitott oktatás földhivatalok számára (<http://www.geo.info.hu/ollo>) névre hallgat. Ezen belül földmérő és nyilvántartó szakirányok jöttek létre, követve a földhivatali szervezet, illetve munka két fő irányát. A pályázat kidolgozásában és kivitelezésében angol, osztrák és belga kollégák vettek részt.

Természetesen ekkor már csak távoktatásban gondolkoztunk, hiszen nehezen tudták volna az amúgy is leterhelt földhivatalok nélkülözni hétközben munkatársaikat.

Ugyanakkor megjelent az igény a nem földhivatali dolgozók körében. Mivel az UNIGIS képzés igen általános jellegű volt, gondolnunk kellett az ún. adatbázis-építőkre is. Ehhez a PHARE pályázat adott lehetőséget, melynek keretében holland partnerekkel együttműködve dolgoztuk ki a DLG (Distance Learning in GIS), Távoktatás a térinformatikában képzés tananyagát. Ehhez részben átvettünk külföldi anyagot, de jó részt magunk fejlesztettünk. Mindkét képzés kidolgozásába természetesen bekapcsolódtak hazai, nem főiskolai szakemberek is.

Ekkor a térinformatikai továbbképzési kínálatunk már teljesnek volt mondható, különösen, ha figyelembe vesszük, hogy időközben kialakult az UNIGIS képzés magyar nyelvű tananyaga is.

Felmerült ugyanakkor, hogy nincs meg a teljes képzési „létra” minden foka. Hiányzott a középiskola és a felsőoktatás közötti rész, illetve nem volt meg az ún. rövid képzés háttére sem. Mindkét terület hiánypótlást igényelt.

Első lépés az éppen induló Nemzeti Kataszteri Program oktatási projektjének megnyerésével történt. Ehhez hihetetlen rövid idő alatt kellett tananyagokat kidolgozni, és megszervezni a képzést is mintegy 250 ember számára. Maga a képzés 500 óras volt, és a 11 csoport folyamatosan váltva egymást, 6 hónap alatt végzett. Ekkor szinte nem is volt szünnap a továbbképző központunkban, Bodajkon. Az embert próbáló feladat sikeres megoldása a kollégáinktól is fokozott munkát jelentett, hiszen sokszor a jegyzetírás befejezése után azonnal kezdeni kellett egy-egy modul oktatását. A projekt sikerét jelzi, hogy a földhivatali változásokat jól felkészült szakembergárda várta és vitte végbe.

A középfokú képzés befejezése nem mindig ad elegendő szakmai ismeretet a megfelelő, színvonalas munkavégzéshez. Különösen érvényes ez a nem szakközépiskolai végzettséggel rendelkezőkre. Ezt a problémát a szakközépiskolák jelezték felénk, kérve, dolgozzunk ki közösen olyan képzést, mely ezt a hiányt pótolja.

Elsőként a TEMPUS INSTITUTION BUILDING Joint European Project keretében 1999-2001 között kidolgoztuk a korábbi OKJ-s szakmák korszerű tematikáját és tananyagát. Ebből lett a SDiLA (Staff Development in Land Administration), a Földügyi adminisztráció továbbképzése (<http://sdila.csml.hu>). Három szakirányra készült el teljes képzési anyag, az ingatlan-nyilvántartó, a digitális térképező és a földmérő szaktechnikus képzésekre. Ebben a munkában nagy szerepet vállaltak külföldi partnereink mellett a szakmai szakközépiskolák munkatársai is.

Az európai pályázati lehetőségek közül a Leonardo da Vinci program tette lehetővé a LIME (Land Information Management in Executives), a térinformatikai menedzser-asszisztens képzés (<http://lime.csml.hu>) kialakítását. Ez az akkori nevén AIFSZ (Akkreditált iskolarendszerű felsőfokú szakképzés) képzési forma gondoskodhat arról, hogy akik nem tudtak bekerülni a felsőoktatásba, azok is megfelelő szakképesítéshez juthassanak. Ráadásul sikeres végzés esetén lehetőségük van a diákoknak közvetlenül folytatni felsőfokú tanulmányaikat, miközben még be is számítanak néhány tantárgyat a két éves képzésből. Ma már a teljes tananyag rendelkezésre áll.

Nem feledkeztünk meg közben a már dolgozó szakemberek képzéséről sem, több rövid képzési idejű tanfolyamot dolgoztunk ki, és bonyolítottunk le. Így jött létre 3 tanfolyam - a „*Döntéselőkészítés térinformatikai alapokon*”, a „*Térinformatika alkalmazása az ügyintézésben*” és „*A közhiteles ingatlan-nyilvántartás és számítógépes kapcsolata a felhasználókkal*” -, melyeket a BM Közigazgatási Továbbképző Központjánál akkreditáltattunk. Ezek 30-50 órás képzést jelentenek, alkalmazkodva a

jelentkezők munkahelyén meglévő vagy tervezetten fejlesztendő környezethez. Ezeket a tanfolyamokat már földhivatali és önkormányzati dolgozók számára is megtartottuk több helyen az országban.

Szintén fontos feladat a különböző szakmai végzettséggel rendelkező szakemberek térinformatikai jellegű képzése. Erre több pályázatot nyújtottunk be a Nyitott Szakképzési Közalapítványhoz - mai nevén Apertus Közalapítvány a Nyitott Szakképzésért és Távoktatásért -, melynek támogatásával kidolgoztunk két, egyenként 500 órás képzési formát. Az *Öntér 2000* - Önkormányzati térinformatikai ügyintéző képzés - tematikája épít a korábban említett tanfolyamunkra, csak annál mélyebb ismereteket tartalmaz. Merőben újszerű a *Térfej 2000* - Térségfejlesztői szakképzés -, hiszen ez a térinformatika egy tipikus alkalmazását jelenti.

A FELHASZNÁLÓI FOGADÓKÉSZSÉG

A fentiek után már könnyű erről írni! Ugyanis látható volt a képzések bemutatásából, hogy minden egyes képzési forma kidolgozásában nagy szerepet játszott a felhasználói igények figyelembevétele. Mindig valós igényből indultunk ki, mely a hazai és a nemzetközi trendek alapján fogalmazódott meg. Mindig arra figyeltünk, hogy olyan képzéseket hozzunk létre, melyek eredményét a végzetek azonnal fel tudják használni. Ez sokszor már a képzés során meg is történt. Számos olyan hallgatónk volt az elmúlt években, akik azzal érkeztek, hogy már térinformatikai feladatok megoldását bízták rájuk munkahelyükön, bele is kezdtek, de szeretnék jobban megalapozni ismereteiket. Ez igen kedvező számunkra, hiszen így könnyen elérjük azt a célunkat, hogy napi kapcsolatban legyünk a térinformatikát használókkal.

A végzett nappali tagozatos, térinformatika szakirányos hallgatóink számára nem jelent gondot általában az elhelyezkedés. Sokan kerülnek a földhivatalokhoz, jellegzetesen mennek a vízügyi szakterületre, de megtaláljuk Őket a MOL és más szolgáltatók munkahelyein is. Természetesen különösen gondtalan a szakmérnökök helyzete, hiszen Őket általában a munkahelyük iskolázza be. Itt meg kell említeni, milyen szakterületekről érkeznek hallgatóink. Az egyik legnagyobb „küldő” intézmény a földhivatali környezet. A másik ilyen kiemelt terület a földmérési vállalkozások, hiszen szükségük van a napi munkájukhoz ilyen szakismeretre. Ezeken túl volt már földrajztanár, erdész, vízmérnök, építész és még számos szakma szakembere. Ez is alátámasztja a bevezető gondolatokban leírtakat.

Nem szóltunk még arról, hogy milyen a kapcsolatunk a fejlesztőkkel, a forgalmazókkal. Ugyanis ahhoz, hogy valós igényeket jelenítsünk meg tanfolyamainkon, ismerni kell az azokhoz alapot adó termékeket, illetve az azokhoz kapcsolódó trendeket. E téren nincs gondunk, szinte mindegyik nagyobb céggel napi kapcsolatunk van. Ennek alapján jött létre az „uniGISopen Alapítvány a nyitott térinformatika oktatásáért”. Az Alapítvány folyamatosan ösztöndíjat biztosít fiatal szakemberek továbbképzéséhez, miközben besegítenek az oktatásba is. Nyugodtan mondhatjuk, megvalósítottunk egy sikeres „doktori iskolát” főiskolai szinten. Ezek a fiatalok 2-3 év után magas tudásszinttel rendelkezve mennek ki a gyakorlatba. Még egyetlen volt ösztöndíjasunknak sem volt gond megfelelő munkahelyet találnia.

A nagy fejlesztő cégek egyik problémája a termékeik eladásakor a vevők betanítása. Ez gond egy termék eladásakor, de még inkább egy rendszer átadásakor. Utóbbi esetben ugyanis sok embert kell rövid idő alatt kiképezni a használatra. Ilyenkor előnyös a mi szerepünk, azonnal tudunk reagálni ezekre az igényekre. Már van

szerződésünk is fejlesztő céggel, melyben deklarálták képzőközponti szerepünket. Minderre az alapot a korábban felsorolt tanfolyami képzésünk széles választéka nyújtja.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Márkus Béla

Nyugat-Magyarországi Egyetem, Geoinformatikai Főiskolai Kar
8000 Székesfehérvár, Pirosalma u. 1-3.

University of West Hungary, College of Geoinformatics

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

Tel.: 36-22-516-526, Fax: 36-22-327-697

e-mail: a.szepes@cslm.hu



Ingatlan tulajdonjog biztonság és földpiacfejlesztés Bemutakozik a Közép-Európai Földügyi Tudás Központ (CelkCenter)

Gombás L.

Közép-Európai Földügyi Tudás Központ (CelkCenter) Budapest, 1051 Sas utca 10-12.

ÖSSZEFOGLALÁS

A gazdaság egyik legfontosabb szegmensét jelentő földpiac alapvetően négy pilléren nyugszik, úgymint az ingatlan-nyilvántartás, a piaci alapú földértékelés, pénzügyi szolgáltatások, és általános tervezés. A közép kelet európai átmeneti gazdaságok a piacgazdaság felé vezető úton nagy előrelépéseket tettek az első pillér, azaz az ingatlan-nyilvántartás, és a kapcsolódó törvényi keretek továbbá intézményfejlesztés területén. A további négy lépcsőfok még csak most van kialakulóban, vagy fejlesztésre szorul. A régió országainak földpiaci helyzetét jelentősen meghatározta a tervutasításos gazdálkodás közel negyven éve, a rendszerváltást követő – nem mindig a gazdasági racionalitás talaján álló – földreform politikák (kárpótlás és privatizáció), valamint a kisüzemi gazdálkodás „erőltetése”. A régió előtt álló, fent említett feladatok megoldásához szükséges ismeretek, tapasztalatok, nemzetközi, szervezeti és szakértői kapcsolatok nagy része elvileg rendelkezésre áll. Ezek azonban többnyire rendezetlenül, rejtett módon léteznek, így nem aknázható ki a bennük rejlő lehetőség. Ez oda vezethet, hogy a kormányok, szervezetek egy probléma megoldásához újra és újra időt, energiát és pénzt fektetnek esetleg már meglévő eredmények elérésére. Megtörténhet, hogy az információ hiány miatt ugyanarra a problémára több egymástól független költséges program, projekt fut fölöslegesen, vagy éppen egymás ellen hatva. Az ilyen és hasonló helyzetek elkerülésének és kezelésének, valamint az eredményesség és hatékonyság növelésének egyik legfontosabb eszköze a tudásmenedzsment. Ezt felismerve nemzetközi kezdeményezésre jött létre 2003 februárjában a Közép-Európai Földügyi Tudás Központ (Central European Land Knowledge Center, CelkCenter). Az alábbiakban a régió előtt álló megoldandó földpiaci feladatokról és a CelkCenter által a megoldást támogató tudásmenedzsment tevékenységről olvashatunk.

(Kulcsszavak: ingatlan tulajdonjog biztonság, földpiacfejlesztés, Közép-Európai Földügyi Tudás Központ)

ABSTRACT

Safety of immovable and land market development

Introducing CelkCenter

L. Gombás

Central European Land Knowledge Center, Budapest, H-1051 Sas utca 10-12.

There is general consensus, that the land market – as one of the most important segments of economies – stands on four main pillars such as registration and cadastre, market based valuation, financial services (mortgage and credit) and general planning. The Central and Eastern European transition economies, heading for the market

economy, performed great improvements in the area of the first pillar i.e. land registration and related legal framework and institutional developments. The rest of the other three pillars however are still underdeveloped or needs further developments. It generates additional tasks that the land market situation of this region is also influenced by the forty year practices of the command economy, by those land policies of the transition processes – not always coming from economic rationality (compensation, restitution etc) – and by encouraging of the small scale farming. To manage these problems, some of the needed knowledge, practices, international and organisational connections as well as human capital are at our disposal. This, let's call it knowledge capital, is however unorganised and hidden, resulting in being useless and unable to work. There is a risk for example that several narrow and costly projects are running parallel, each trying to improve one part of the system, not necessarily taking other parts enough into consideration. All this lack of information might lead to efforts that are working against each other. To avoid these and similar situation and furthermore to improve efficiency and effectiveness, knowledge management seems to be one of the most important tools. Having realised this, the Central European Land Knowledge Center (CelkCenter) was established as a result of international initiatives in February 2003. This paper gives an insight on the land market tasks to be solved in the region and the knowledge management tools to be applied by CelkCenter.

(Keywords: safety of immovable, land market development, Central European Land Knowledge Center (CelkCenter))

ELŐZMÉNYEK

1998 és 2000 között Bécsben több nemzetközi konferenciát rendeztek az Osztrák kormány, a Világbank, az Európai Bizottság támogatásával és sok más neves szakmai és donor szervezet részvételével. A konferenciák témája a közép és kelet európai, balkáni, majd az ázsiai országok ingatlan tulajdonjog biztonságának és földpiac fejlesztésének kérdésköre volt. Az események egyik kimenetele első körben egy nemzetközi szakértői hálózat kiépítése és fenntartása, majd egy regionális tudásközpont létrehozásának javaslata volt.

A felvetésre magyar oldalról hamarosan elkészült egy az FVM Földügyi és Térképészeti Főosztálya által, a Világbank és a FAO regionális alközpontja munkatársainak közreműködésével megfogalmazott FVM világbanki projektjavaslat a budapesti székhelyű Regionális Földügyi Tudásközpont létrehozásáról. A Pénzügyminisztérium által továbbított témajavaslat – amely a tárcaközi egyeztetéseken is jó visszhangra talált – bekerült az FVM földügyi és térképészeti EU harmonizációs feladatcsomagjába (ANP) is. Fontos megemlíteni, hogy ez az első olyan szakterületi világbanki projekt, amelyben Magyarország nem csak kedvezményezett, de egyben donor szerepet is betölt, mivel a Világbank hozzájárulása mellett jelentős magyar oldali támogatásban is részesül a Központ (*Remetey-Fülöpp* 2003).

A KÖZPONT TEVÉKENYSÉGE – SZAKMAI MEGKÖZELÍTÉSEK

A Központ elnevezése szerint és missziója alapján tudásmenedzsment központ a közép és kelet európai, valamint balkáni országok (más szóval élve EU csatlakozó és jelölt, megint mással volt szocialista, vagy átmeneti gazdaságok) ingatlan tulajdonjog biztonságának és földpiac-fejlesztésének területén. Két fajta szakmai megközelítés van tehát jelen, az egyik a tudásmenedzsment, a másik a földügy.

„Where is the knowledge we have lost in infomation?”
T.S. Eliot: Choruses from „The Rock”

A tudásmenedzsment

Először tekintsük át a tudásmenedzsment mibenlétét általában (már amennyire ez az adott keretek között lehetséges). Nem könnyű a feladat, egyrészt mert egy új tevékenységi (ha úgy tetszik tudomány) területről van szó (bár vannak, akik szerint ez más formában és elnevezéssel mindig is jelen volt a szervezetek életében), másrészt mert sok félreértés és csúsztatás lengi körül a témát. Ez utóbbi arra vezethető vissza, hogy az egymást követő menedzsment technikák, mint a TQM (Total Quality Management), majd BPR (Business Process Re-engineering), végül a KM (Knowledge Management) sok tanácsadó és szoftverfejlesztő cég számára ugyanazon szolgáltatás, vagy termék újracímkezését és eladását jelenti.

A tudásmenedzsment „az intézményi szellemi tőke növelését célzó törekvések összessége” (Sándori, 2002). De mit is értünk szellemi tőke, tudás alatt? Alapvetően három összetevőt:

- kapcsolatok,
- strukturális tőke (szervezeti felépítés, információs rendszerek stb.),
- humán tőke.

Az utóbbi felosztható az egyének fejében rejtőző ki nem fejezett (tacit) és a már kimondott és szavakba foglalt, vagy foglalható explicit tudásra. A szervezetek életében egyik legfontosabb összetevő, az innováció alapja az összekapcsolt tacit tudás, ami becslések szerint a vállalati összes tudás 80%-át adja. E rejtett tudásnak abban áll a különlegessége, hogy ez biztosítja a másképp gondolkodás, valamint intuíció esélyét. Garai László professzor írja, hogy: „...aki ugyanúgy gondolkodik, mint ezt ő vagy másvalaki korábban tette, az nem gondolkodik, hanem működik, amint ezt bármely más automata is teszi...” (Garai, 2003). A tudásmenedzsment szempontjából a legfontosabb feladat ennek az egyéni gondolkodásból eredő, rejtett tudásnak (tacit) a felszínre hozása, egymással való összekapcsolása és így új tudás generálása, az új és meglévő tudás (explicit) megosztása, alkalmazásának ösztönzése.

A fenti, talán kissé elméleti, ha nem filozófikus megközelítés után tekintsük a probléma kézzelfoghatóbb megközelítését.

- Az intézmények nem tartják számon tudásbázisukat.
- A rendelkezésre álló ismeretek és információ nem rendezett, áttekinthetetlen és sokszor kezelhetetlen.
- A rejtett tudás felszín alatt maradása, személyhez kötöttsége súlyos érvágás, ha a személy kilép a szervezetből.
- Az információ megosztásának elégtelensége sokszor vezet oda, hogy a korábban már megoldott problémákra újra és újra megoldást keresnek, nem használják fel a megszerzett tudást. (Tipikus példái ennek a párhuzamosan futtatott projektek, illetve az egymás eredményeit és hatását figyelembe nem vevő koordinálatlan programok.)
- A meglévő adatbázisok között nincs kapcsolat, így az új információ generálásának elvész az esélye.

A fenti problémák elvi megoldásai tovább körvonalazzák a tudásmenedzsment mibenlétét.

- A meglévő tudás feltérképezése.
- Az ismeretek strukturálása, kategorizálása.
- A tudás elérhetővé tétele, megosztása.

- A rejtet ismeretek felszínre hozásával, és ezek, illetve a meglévő ismeretek összekapcsolásával a tudás újrahasznosítása, új tudás generálása.

A CelkCenter tudásmenedzsment oldalról

A Központ fő tevékenysége a régió országaiban az ingatlan tulajdonjog és földpiac fejlesztés területén kifejteni a tudásmenedzsment fent említett tevékenységét. Az újdonság és egyben a nehézség ebben az, hogy a tudásmenedzsment elmélete és gyakorlata többségében vállalati szinten érvényesül, míg a mi esetünkben nemzetközi, regionális szintről van szó, ami sokkal komplexebb kérdés nem csak a nyilvánvaló méretbeli különbségek miatt.

A kapcsolatok-strukturális-humán hármass itt is tetten érhető. Ami a kapcsolatokat illeti, a kiterjedt nemzetközi hálózat kiépítését (networking) és fenntartását értjük alatta. A kapcsolatok a vezető földügyi szakmai (pl. FAO, WPLA, FIG, EULIS stb.), kormányzati (az egyes országok földügyi szakigazgatásának legfelsőbb minisztériumi szintje), kutatási és oktatási (egyetemek, kutató centrumok), donor szervezetek (Világbank, GTZ stb.), magánszféra szereplőiből állnak.

E hálózat segítségével lehet feltérképezni a meglévő strukturális és humán tudást. Az ismeretek legkézenfekvőbb megnyilvánulása a CelkCenter által fejlesztés alatt álló tudásbázis (adatbázis és web portál).

A tudásbázis az ismeretek forrása alapján az alábbi részekből áll:

- szakértői és szervezeti adatbázis,
- dokumentum adatbázis,
- közvetlen információk,
- linkek adatbázisa,
- források adatbázisa,
- egyéb szolgáltatások (elektronikus hírlevél, levelező listák stb.).

A szakértői adatbázis

A földügy területén tevékenykedő szakemberek több szempont alapján kereshető nyilvántartása. A feltöltése web felületen keresztül történik. A szakemberek tacit és explicit tudásához való kölcsönös hozzájutáson keresztül a probléma megoldáson át egészen a piackutatásig széles a lehetséges felhasználási köre. Szervesen kapcsolódik hozzá a szervezeti adatbázis, amely a régió országainak földügyi organigrammját hivatott megadni. Természetesnek tűnik, de amíg valaki nem szembesül a problémával el sem tudja képzelni, hogy sokszor már az probléma, hogy hová és azon belül kihez forduljunk egy-egy konkrét ügyben az egyes országokban.

A dokumentum adatbázis

Az explicit tudás tárháza. Az egyszerű felsorolás helyett – ami egy bizonyos mennyiségen túl már használhatatlanná teszi az információt – a dokumentumok rendszerezve és több szempont szerint kereshetően kerülnek tárolásra. Itt nem egyszerűen csak egy adatbázisba szervezésről van szó, hanem olyan a mesterséges intelligencia irányába mutató alkalmazásról (további részletek: www.shared.de), ami képes arra, hogy egy téma mintájául megadott szövegben speciális nyelvészeti eljárással meghatározza a kulcskifejezéseket (fingerprint eljárás), majd ezeket felhasználva rendszertani pontossággal felépítsen egy taxanómiát aminek alapján a legmegfelelőbb tartalmat keresi ki a rendszer az adatbázisból, vagy az intranetről.

1. ábra

Szakértői és szervezeti adattáblák

Expert_Main

First name: Country: Postal code: # different than office address

Last name: City: Address:

ID: Phone: E-mail:

Affiliation: Current organization:

Education_degree

Education Type	
MA	☐
MSc	☐
PhD	☒

Languages

Language	native	fluent	intermediate
albanian	☐	☐	☐
basque	☐	☐	☐
bornian	☐	☐	☐

Area of expertise main categories

Professional Standards and Practice	☒
Professional Education	☐
Spatial Information Management	☐
Hydrography	☐

Area of expertise sub categories

Changes affecting the operation of surveying practices, their management	☐
Ethical principles and codes of professional conduct	☐
Guidelines relating to the provision of services	☐
International legislation affecting the profession including the liberalisation of	☐

Record: összesen 957

Organization_Main

Organization Name: Country:

Organization Type: City:

Spatial rel. of activity: Address:

Description: Post code:

Real Property Pl. role: PO_Box:

Experts currently with the organization

First Name	Last Name	Affiliation	
Ninel.Jasmine	SADJADI		Show
Mario	TURNER		Show

Telephone: Fax:

Record: összesen 658

Figure 1: Forms of the expert and organisation database

2. ábra

A „fingerprint” eljárás lépései

The screenshot displays the 'Create/Modify Search Profile' web application. The interface is divided into several sections:

- Top Section:** A header with the title 'Create/Modify Search Profile' and a sub-header 'Type keywords, paste text (max. 1000 chars.), or choose a pre-defined category.' Below this are two buttons: 'Text Search (max. 1000 characters)' and 'Conceptual Search'.
- Text Input Area:** A large text box containing a sample text about the transition of central and eastern European countries. Below the text box are 'Use for Search' and 'Clear' buttons.
- Conceptual Search Section:** A section titled 'Create/Modify Search Profile' with buttons for 'Text Search (max. 1000 characters)', 'Add Concepts', and 'Use this Profile'. Below these buttons is a table of concepts with their associated percentages.
- Concepts Table:** A table with columns for 'Delete all concepts', 'del', '0', '25', '50', '75', '100', and a list of concepts with their percentages.

del	0	25	50	75	100	Concept	Percentage
						Marketing	100%
						Carrying	57%
						Undertaking	29.4%
						Compensation	26.3%
						Indicators	25.5%
						Schedules	24.2%
						Insertion Sequence Elements	20.2%
						Elements	20.2%
- Navigation and Language:** A navigation bar with tabs for 'shared', 'projects', 'people', 'regulations', 'Regulation search', and 'personal favourite pages'. Below this is a language selector for 'English', 'French', 'Portuguese', and 'Spanish'.
- Search Results:** A section titled 'Search profile' showing a list of concepts and their percentages, identical to the one in the 'Concepts Table' section. To the right is a 'Calculations' table showing the percentage of concepts found in the search results.
- Results Table:** A table with columns for 'Calculations' and 'Projects found'.

Calculations	Projects found
Marketing	20%
Carrying	8%
Undertaking	10%
Compensation	10%
Indicators	10%
Schedules	10%
Insertion Sequence Elements	10%
Elements	10%
- Footer:** A footer with the 'Collexis' logo and the text 'powered by Collexis'.

Figure 2: The steps of the 'fingerprint' procedure

3. ábra

A dokumentum adatbázis beviteli táblája

Publication Name	LAND REFORM IN EASTERN EUROPE: WHERE NOW?		last modified by CELK 06/30/03
Date published			
Author	David Harris	Authors	
AuthorName	David Harris		
Description:	Land reform in Eastern Europe		
Long description:	Land reform in Eastern Europe has taken place at a frenetic pace in recent years. The emphasis has been on achieving equity in land and property ownership, mainly by restoring the rights of those who were dispossessed by the communist policy of nationalising land. It is appropriate now to take stock of what has		
Category	policy making		
Meta keywords	land reform Central Europe	100%: Efficiency 98.8%: Europe, Eastern 93.7%: Marketing 55.2%: Ownership 55.2%: Telemedicine	
Geographical ref.		character words	
Media name	LAND REFORM IN EASTERN EUROPE: WHERE NOW?	Format	HTML
Publication path	can be converted		
Publication link	http://www.dl.unimelb.edu.au/isg/7/brighton98/Comm/Papers/SS31-Harris.htm		

Figure 3: The data entry form of the document database

Az dokumentumok az alábbi szempontok (metaadatok) alapján kerülnek az adatbázisunkba:

- szerző (ez kapcsolódik a szakértői adatbázishoz),
- a publikálás dátuma,
- a dokumentum típusa (word doc, ppt, pdf stb.),
- a dokumentum tartalmának rövid leírása,
- a dokumentum megjelenésének alkalmá (pl.: konferencia, tanulmány stb.),
- a jellege (jogi, közgazdasági, szervezeti stb., lásd lejjebb a közvetlen info. rész alatt),
- kulcs szavak (lásd feljebb a fingerprint eljárásnál),
- földrajzi vonatkozás (ott ahol ez lehetséges a részletezett témát földrajzi helyhez kötjük, hiszen ez is egy lehetséges keresési feltétel),
- web link,
- szerzői jogokkal kapcsolatos összefoglaló (hozzájárulás publikáláshoz stb.), minden forrás szerzőjét értesítjük és engedélyt kérünk a felhasználásra, ezzel egyidőben lehetőséget biztosítunk a szakértői adatbázisba való bejelentkezéshez.

A közvetlen információk

Az ingatlan tulajdonjog és földpiac-fejlesztésről ad átfogó képet közvetlen szövegek, statisztikák, táblázatok és grafikonok segítségével. Ezt egyfelől azért tartjuk fontosnak, mert a dokumentum adatbázisban (és egyáltalán bármilyen adatbázisban) hatékonyan az tud keresni, aki „tudja”, hogy mire van szüksége. Aki azonban azonnali képet szeretne nyerni a földpiac és ingatlan tulajdonjog helyzetéről, annak ezt a szolgáltatást ajánljuk. Ennek a különlegessége, hogy egy korábbi PHARE projekt (EU ACE (Action for Co-operation in the field of Economics) P2128R programme: Emerging Land Markets in Central and Eastern Europe by the coordination of Dr. Richard Baldwin, GIS/LIS Project Director, BlomInfo A/S) által lefektetett módszertan és összehasonlító elemzés mentén mutatjuk be az országokat egyrészt regionális, másrészt országos szinten. Ehhez kapcsolódnak még a CelkCenter előzményeül szolgáló Bécsi Kezdemény Konferencia anyagok is.

Az így közrebocsátott tartalom hozzáadott értéke abban áll, hogy a különböző digitális dokumentumkezelés adta lehetőségekkel (pl. hyperlink), valamint az adatbázis más részéhez való kapcsolódással (pl. egy-egy kulcsszó mentén további dokumentumokra való utalás), az amúgy komplex és terjedelmes szöveg kezelhetőbb, átláthatóbb, gyorsabb ismeretforrássá válik. Természetesen fontos az itt közölt adatok naprakészen tartása (erről a későbbiekben olvashatunk). Az imént említett regionális és országos szintek mellett „EU szint” is található, ami egyrészt a vonatkozó legfontosabb EU direktívákat és kapcsolódási pontokat adja meg, másrészt az EU tagállamok gyakorlatába ad betekintést.

Az említett „földrajzi” strukturálás mellett tematikus felosztás is megjelenik, mely szerint a közölt ismeretek (és ez a struktúra jellemzi a dokumentum adatbázist is) az alábbi kategóriák szerint rendezhetők:

- jogi kérdések,
- gazdasági kérdések,
- szervezeti kérdések,
- technológiai kérdések,
- történelmi kérdések,
- az átmeneti időszak kérdései,
- politikaformálás.

A linkek adatbázisa

A témába vágó portálok web címeit tartalmazza.

A források

Olyan, a papír alapú dokumentumokból jól ismert, de adatbázisba szervezett forrásokra való hivatkozást jelent, amelyekhez nem találunk digitális tartalmat (és így nem kerülhetnek bele a dokumentum adatbázisba), ám nyilvánvalóan fontos ismeret.

A portálok többségénél ismert *levelezőlisták*, *newsletter*-ek nem igényelnek bővebb ismertetést.

A KÖZPONT TEVÉKENYSÉGÉNEK FÖLDÜGYI MEGKÖZELÍTÉSE

A földpiac négy oszlopon nyugszik:

- ingatlan-nyilvántartás,
- piaci alapú földértékelés,
- pénzügyi szolgáltatások (pl. jelzálog, tőkefinanszírozás stb.),
- általános tervezés.

A rendszerváltás óta az átmeneti országok először az első pillér (ingatlan-nyilvántartás) kifejlesztésére, vagy reformálására helyezték a hangsúlyt. Jelentette ezt a törvényi keretek kialakítása, a térképi alapok megteremtésének megindítása (digitális térképkészítés, alappont-hálózatok (GPS) stb.), szervezeti átalakítások, modernizálás (számítógépesítés, GIS), humánerőforrás fejlesztés (oktatás) stb. Bár nem egyforma a fejlettségi szint és mindenhol van még mit fejleszteni, mégis elmondható, hogy a régió országai ezen a területen léptek előre a legnagyobbat. Némelyik közülük (pl. Magyarország) nemzetközileg is elismert eredményekkel dicsekedhet.

A földügy – azon belül a földpiac – fejlődésében ez csupán egy állomás. A többi lépcsőfok (földértékelés, pénzügy, általános tervezés) még csak most van kialakulóban, vagy nagyon fejletlen. A régió országainak földpiaci helyzetét továbbá jelentősen meghatározta a tervutasításos gazdálkodás közel negyven éve, a rendszerváltást követő – nem mindig a gazdasági racionalitás talaján álló – földreform politikák (kárpótlás és privatizáció), valamint a kisüzemi gazdálkodás „erőltetése” olyan intézkedésekkel, mint:

- a birtokolható föld nagyságának felülről való korlátozása,
- a föld adásvételének és bérbeadásának csak falun belüli engedélyezése,
- a szövetkezeti és társasági földtulajdon tiltása, a haszonbérlet 2500 ha-os korlátozása,
- a külföldiek földtulajdonlásának tiltása,
- a föld elzalogosításának tiltása.

4. ábra

Közvetlen információ a földpiacról

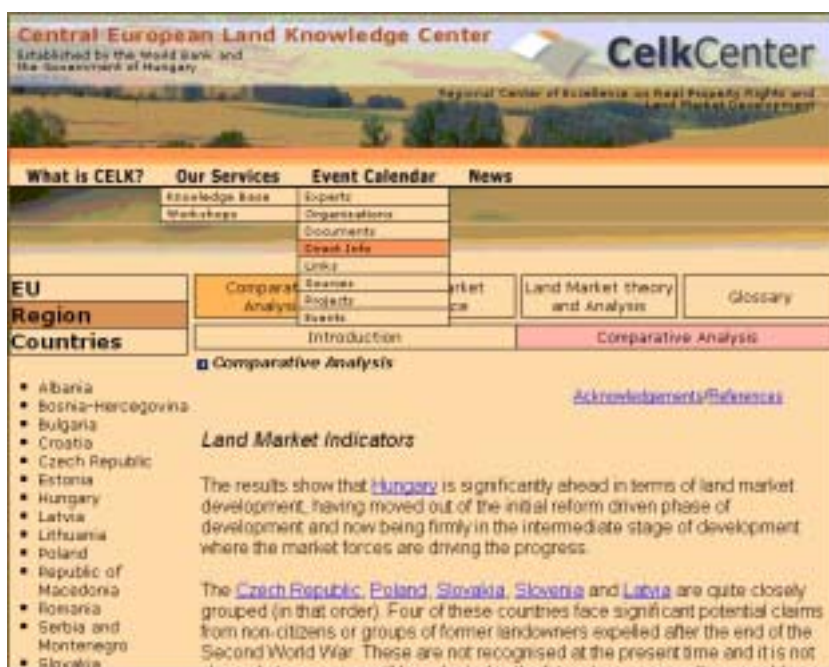


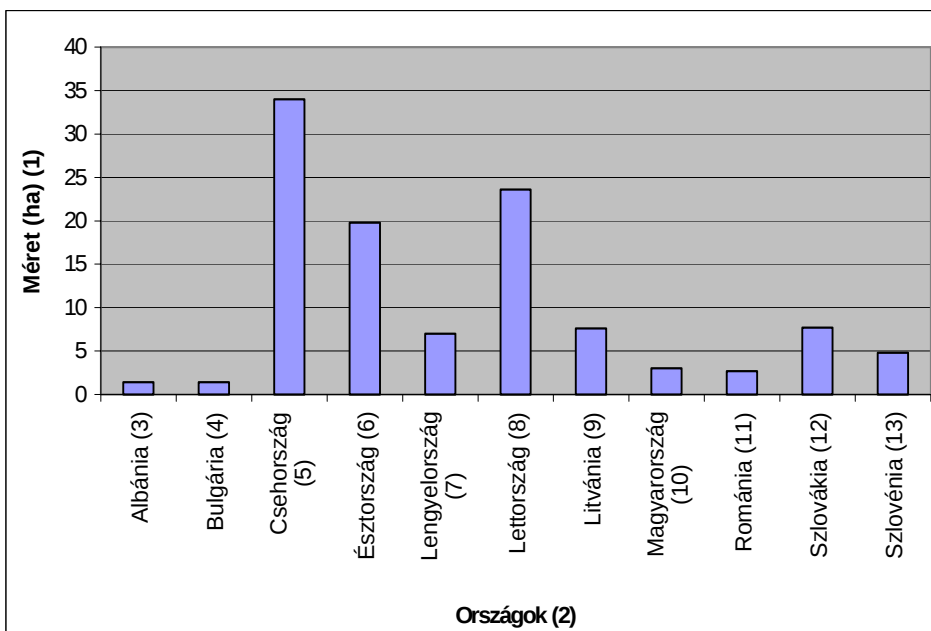
Figure 4: Direct information on land market

KÖVETKEZMÉNYEK

A földreformok eredményeként nagyszámú mini birtok jött létre. Ez tovább erősítette a földek alacsony ár és bérleti díj színvonalát, mivel a birtokméretek messze alatta maradtak a gazdaságosan művelhető méretnek (Magyarországon ez 100 ha-nál kezdődik). A kisbirtokokon pedig csak a nagy munka, szakértelem és eszközigényű föliás, dísnövény, bio, vagy herbárium termelés a megtérülő. Ma Magyarországon kb. 1,8 millió földtulajdonos van, átlagosan 4,4 ha saját földterülettel. A birtokosok 11%-ának 1 ha-nál, 60%-ának 10 ha-nál kisebb a tulajdona. Az 50 ha feletti gazdaságok az egyéni földterületnek csupán 15%-án gazdálkodnak.

5. ábra

A magángazdaságok átlagos mérete 1998-ban, hektárban



Forrás (Source): Agricultural policies in emerging and transition economies, OECD, 1999

Figure 5: Average size of the private farms in 1998, hectare

Area (ha)(1), Country(2) Albania(3), Bulgaria(4), Czech Republic(5), Estonia(6), Poland(7), Latvia(8), Lithuania(9), Hungary(10), Romania(11), Slovakia(12), Slovenia(13)

További probléma volt, hogy a privatizáció egy kívülálló tulajdonosi rendszert hozott létre. Az új tulajdonosok, még ha leszármazottai is voltak a régieknek, már hosszú ideje nem azon a helyen éltek, ahol visszakapták a földet, továbbá nem tudtak, vagy nem akartak gazdálkodni. Az idős korosztály pedig eszközök és tőke hiányában szintén nem tudott hatékonyan termelni. Ezek a folyamatok egyenes utat nyitottak a bérleti rendszer kialakulásához. A bérleti rendszerrel a földtulajdon élesen elvált a földhasználatától. Az

utóbbi jóval koncentráltabb képet mutat. A földterület 45%-át a termelőszövetkezetek és az azokból, illetve az állami gazdaságokból alakult gazdasági társaságok művelik bérben. Ezeknek 96%-a nagyobb 300 ha-nál. A magángazdaságok által művelt terület 48%-a 10-100 ha közötti és 17%-a nagyobb 100 ha-nál.

6. ábra

Az egy hektáronál nagyobb gazdaságok átlagos területe, ha

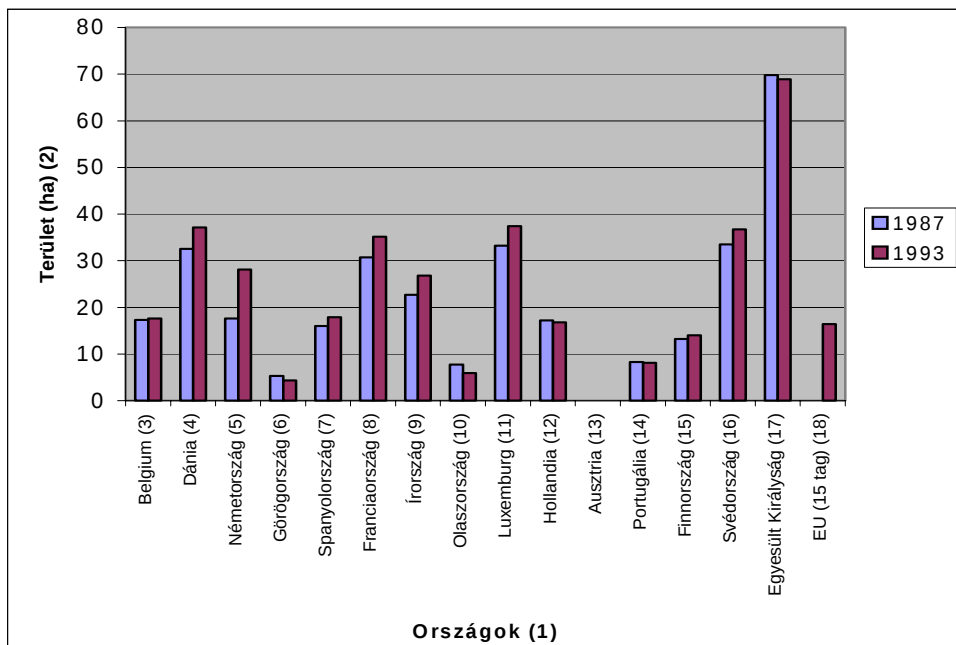


Figure 6: The average size (ha) of the more than one ha farms

Area (ha)(1), Countries(2), Belgium(3), Denmark(4), Germany(5),Greece(6), Spain(7), France(8), Ireland(9), Italy(10), Luxemburg(11), The Netherlands(12), Austria(13), Portugal(14), Finland(15), Sweden(16), The UK(17), EU 15 members(18)

A BÉRLETI DÍJ ÉS A FÖLDÁR ALAKULÁSA

A bérleti díj a mezőgazdasági jövedelem nagyságától, a kereslet és kínálat alakulásától függ. Az alacsony jövedelmezőség mellett a nagyszámú törpebirtokkal rendelkező tulajdonosok – akik nem tudtak, vagy nem akartak gazdálkodni – bérletre kínálták fel földjeiket. Fentebb említettük, hogy a földdel kapcsolatban nem lehet beszélni egy egész országra általánosan érvényes díjról, ráadásul Magyarországon nincs földár-statisztika. Így csak helyi felmérésekre lehet támaszkodni. Ennek alapján pl. Csongrád megyében (*Burgerné Gimes, 1996*) az évi aranykoronánkénti 20-37 kg búza földjáradék színvonalnak felel meg. Ez átlagosan 3685 Ft/ha díjat jelent (Szövetkezetekre és társaságokra vonatkozik, az egyéni gazdálkodók esetén még alacsonyabb!) Összehasonlításként 1 ha átlagos minőségű föld

bérleti díja az egyesített Németország nyugati felén 428 márka volt 1994-ben, míg a keleti országrészben 133 márka. A csatlakozás régiójában azonban mindkettőnél magasabbak voltak a díjak, ami azt mutatta, hogy a keletnémet földek iránti nyugati kereslet egyrészt csak a „peremvidékeket” érintette, másrészt nagy lökést adott a földpiacnak.

7. ábra

A magángazdaságok birtokmegoszlása és saját területük aránya (Magyarország)

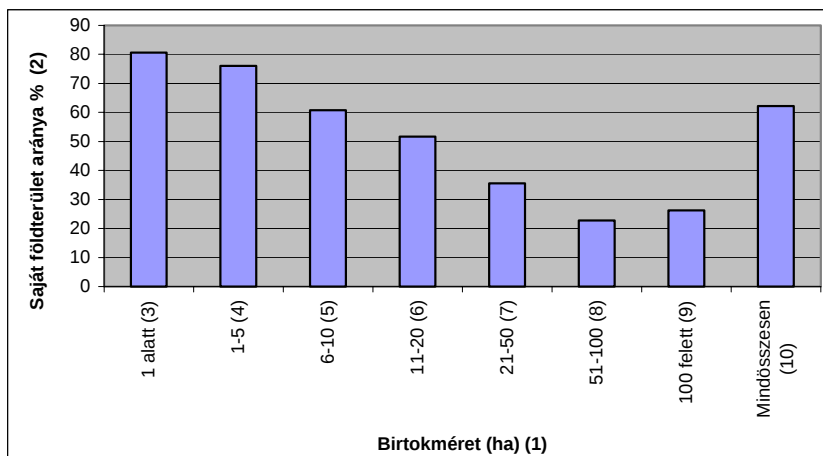


Figure 7: Land division of the private farms in Hungary (in hectare) and the rate of own territory (in percent)

Estate dimension(1), Rate of own land territory %(2), Below 1(3), Between 1 and 5(4), Between 6 and 10(5), Between 11 and 20(6), Between 21 and 50(7), Between 51 and 100(8), Over 100(9), Total(10)

Visszatérve Magyarországra, a bérleti díjak néhol nulla értéket is felvettek, sőt volt olyan, hogy a bérbeadó fizetett. Ennek oka az, hogy a vételi és kifizetési támogatásokért vállalt művelési kötelezettség sok esetben nagyobb terhet jelentett, mint fizetni a bérbeadásért.

A földárak a bérleti díjakhoz képest is alacsonyak. Vállalkozók esetén átlagosan 17078 Ft/ha, míg egyéni gazdálkodók esetén 14030 Ft/ha (KSH Csongrád Megyei Igazgatóság, 1994. május – 1995. május). Nyugat-Európában ezzel szemben a bérleti díjak alacsonyabbak a földárakhoz viszonyítva és ez utóbbiak többszöröse a magyar áraknak..

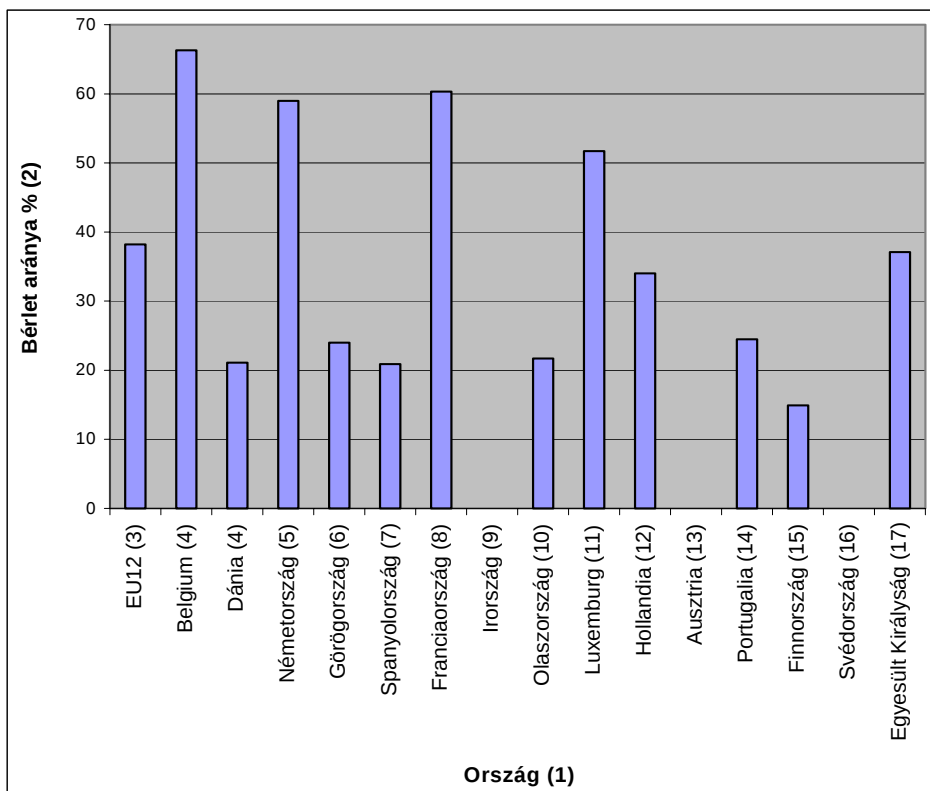
Összefoglalva a fentieket, Magyarországon (és a régió többi országában is) a földpiac még mindig nem, vagy csak nagyon szűk körben működik. Az alacsony árak és bérleti díjak kialakulását az alacsony mezőgazdasági jövedelmezőség, a kívülálló törpebirtokosok nagy kínálata és a földforgalom állami korlátozása idézte elő. A jól működő földpiac kialakulása az alábbi tényezők és intézkedések függvénye.

- A mezőgazdasági termelés fellendülése, a jövedelmezőség emelkedése.
- A földforgalom élénkítése.
- Az ingatlan tulajdonjog biztonság kialakítása és/vagy megszilárdítása.

- A régió azon országaiban, ahol ez még nem megoldott, a megfelelő térinformatikai alapú ingatlan-nyilvántartási rendszerek kialakítása és működtetése (Magyarország ezzel és a térképi alapokkal kapcsolatban nemzetközileg is elismert eredményekkel büszkélkedhet, pl. TAKAROS, TAKARNET, NKP, META stb.).
- A nyilvántartás alapjául szolgáló térképi alapok biztosítása.
- A gazdasági racionalitáson alapuló információ terjesztése és kommunikáció a gazdákkal (egyres nyugat-európai országokban külön központok működnek azzal a feladattal, hogy az EU-val kapcsolatos eseményeket, intézkedéseket időben, érthető módon és legfőképp politikai indíttatásoktól függetlenül a gazdálkodók tudomására hozzák).

8. ábra

A bérelt földterület aránya az EU-országokban (1993)



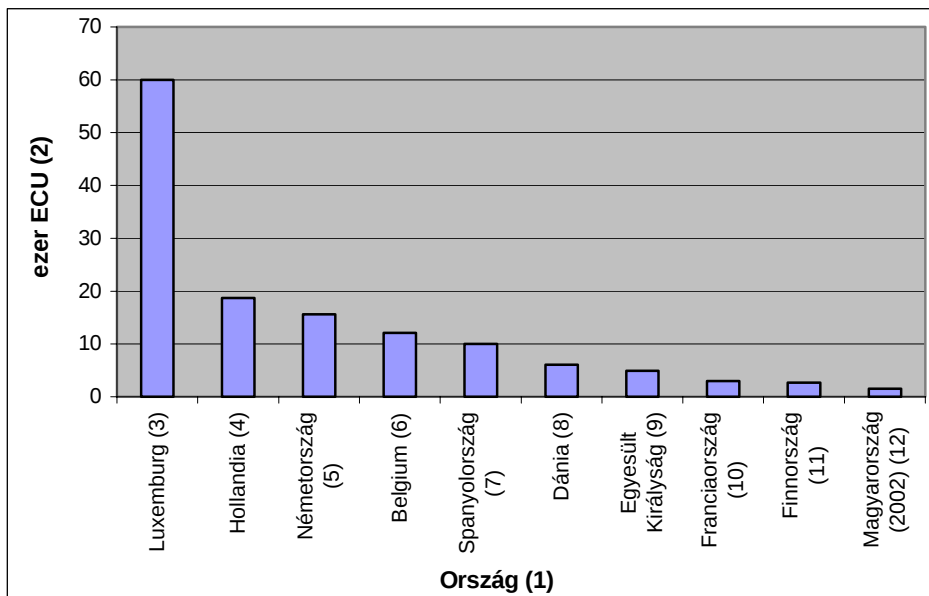
Forrás (Source): Statisztikai Évkönyv (Statistical Yearbook), 1996

Figure 8: The proportion of leased lands in the EU (1993)

Country(1), Proportion of tenancy(2), EU12(3), Belgium(4), Denmark(4), Germany(5), Greece(6), Spain(7), France(8), Ireland(9), Italy(10), Luxemburg(11), The Netherlands(12), Austria(13), Portugal(14), Finland(15), Sweden(16), The United Kingdom(17)

9. ábra

Egy hektár föld ára az EU-ban (1994)



Forrás (Source): EUROSTAT

Figure 9: The price of one ha land in the EU (1994)

Country(1), Price (thousand, ECU)(2), Luxemburg(3), The Netherlands(4), Germany(5), Belgium(6), Spain(7), Denmark(8), The United Kingdom(9), France(10), Finland(11), Hungary (2002)(12)

A CelkCenter mint tudásmenedzsment központ a fenti folyamatok pozitív irányú befolyásolásában nem csupán a korábban részletezett – és általam önkényesen „passzív” tudásmenedzsmentnek keresztelt – tevékenységgel, azaz mások tudásának feltárásával, rendszerezésével és megosztásával, de aktív közreműködéssel is részt vesz. Ez annyit jelent, hogy a Center, felhasználva egyre bővülő nemzetközi kapcsolatrendszerét, képes részt venni az adat, információ és végül a tudás generálásában is. Mivel ezek mindegyike jelenleg a projekt ötlet szakaszában van, egyelőre csupán nagy vonalakban utalunk rájuk.

A CelkCenter részt kíván venni az átmeneti országok, valamint később, a csatlakozás utáni országok földpiacának további monitorozásában, adatgyűjtésben, statisztikák, összehasonlító elemzések készítésében, vagy ezek végrehajtásának segítségével.

Hasonlóképpen részt kíván venni a FAO által kezdeményezett és jelenleg formálódó Land Tenure Database programban, mely olyan – a meglévő földügyi adatokat, adatbázisokat más, elsősorban gazdasági, szociológiai adatokkal aggregáló – információs rendszer, amely hatékonyan támogatja az egyes országok legfelső földügyi vezetését a döntéshozatalban, politika formálásban. A CelkCenter szerepe ebben a rendezvények szervezésén túl az adatgyűjtés és az eredmények megosztása lehet.

A CELKCENTER EGYÉB TEVÉKENYSÉGI TERÜLETEI

A Központ a fentieken kívül aktívan részt vesz különböző rendezvények (konferenciák, szemináriumok, műhelyek) szervezésében, mely események a tudásmenedzsment legközvetlenebb és így talán leghatékonyabb formáját nyújtják, a személyes kommunikációt.

Végül meg kell említeni a kicsit távolabbi tevékenységeket, melyek már a pénzügyi önállóság biztosítását célozzák, a különböző projektekben való részvételt, projektkoordinációt.

IRODALOM

- Burgerné Gimes A. (1996). Magyarországi Földpiac. Statisztikai Szemle, 415.
- Burgerné Gimes A. (2001). A közép-európai átalakuló országok gazdaságának és mezőgazdaságának összehasonlító elemzése, Századvég Kiadó, Budapest.
- Burgerné Gimes A. (2002). Mezőgazdasági Földtulajdon és Földbérlet. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Garai L. (2003). Identitásgazdaságtan, TAS Kiadó, Budapest.
- Remetey-Fülöpp G. (2003). Ingatlan tulajdonjog és földpiacfejlesztés – tudásközpont nyílik Budapesten. (<http://www.worldbank.hu/hunweb/data/rocehun.htm>)
- Sándori Zs. (2002). Mi a tudásmenedzsment. (www.mek.iif.hu/porta/szint/tarsad/konyvtar/vezetes/tudasmen/html/km4.htm)

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Gombás László

Közép-Európai Földügyi Tudás Központ

H-1051 Budapest, Sas utca 10-12.

Central European Land Knowledge Center (CelkCenter)

H-1051 Budapest, Sas utca 10-12.

Tel: +36-1-301-8772, Fax: +36-1-301-8780

e-mail: laszlo.gombas@celk.org

web: www.celk.org



Az Észak-Hanság termőhelyi viszonyainak modellezése „fuzzy”-klasszifikáció és GIS eszközök felhasználásával

¹Illés G., ²Kovács G., ²Bidló A., ²Heil B.

¹Erdészeti Tudományos Intézet (ERTI), Erdőművelési és Faterméstani Osztály, Budapest, 1023 Frankel Leó 42-44.

²Nyugat-Magyarországi Egyetem (NYME), Növényteni és Termőhelyismerettani Intézet Tanszék
Sopron, H-9400 Bajcsy-Zs. u. 4.

ÖSSZEFOGLALÁS

*Ebben a cikkben az Észak-Hanság termőhelyi viszonyainak modellezésére irányuló kutatásunk első eredményeit tárgyaljuk. Abból az alapfeltevésekből kiindulva, hogy a környezeti tényezők bonyolult kölcsönhatásokon keresztül irányítják a talajfejlődés folyamatát, megpróbáltuk kiválogatni a talaj-környezet rendszer kulcstényezőit, hogy segítségükkel a vizsgálati terület minden pontján modellezhessük a talajparaméterek értékeit. Fuzzy-klasszifikációs eljárással határoztuk meg a főbb talajtípusokat és azok centrális értékeit mind a környezeti változók, mind a talajjellemzők tekintetében. Ezután, egyfajta maximális bekerülési valószínűségi mérőszám segítségével talajtípusokba soroltuk a területet 20×20 méteres felbontásban ábrázoló pixeleket. Végül, osztályonként alkalmazott többváltozós regressziós egyenletekkel határoztuk meg a talaj jellemzők értékeit.
(Kulcsszavak: fuzzy talaj osztályozás, térbeli modellezés, többváltozós regresszió, térinformatika.)*

ABSTRACT

Site mapping using GIS tools and fuzzy clustering in Wetlands

¹G. Illés, ²G. Kovács, ²A. Bidló, ²B. Heil

¹Forest Research Institute, Budapest, H-1023 Frankel Leó 42-44.

²Department of Forest Sites, Sopron, H-9400 Bajcsy-Zs. u. 4.

This paper describes the first results of our study on modelling the site conditions of North Hanság. Supposing that the environmental factors are the driving forces of soil development at a given location through complex interactions, we tried to sort out the key elements of the soil-environment system, to predict the soil properties for every spatial unit within the study area at a spatial resolution of 20 by 20 m. We used fuzzy classification to assess the main soil types and their central concepts concerning both the soil property domain and the environmental condition domain. A maximum likelihood classification was applied to assign discrete class membership values to each pixel of the study area. Finally, we applied multiple regression equations for each class to derive the soil property map from the map of environmental conditions.

(Keywords: fuzzy soil classification; spatial modelling, multiple regression, GIS)

BEVEZETÉS

A Hanság termőhelyi viszonyainak feltárását 1998-ban kezdtük meg és elsődleges célunk volt a gyökeresen megváltozott vízviszonyok eredetének feltárása. A kutatást hamar kibővítettük a hansági talajokat formáló környezeti hatások, illetve a jelenlétükben

kialakuló talajok előfordulásának modellezésére, felhasználva a korszerű talajmodellek (Zhu *et al.*, 1996, 2001; Zhu, 1997; McBratney *et al.*, 1997), és a térinformatikai alkalmazások nyújtotta lehetőségeket. A továbbiakban célunk már a talajformáló erők működésének megértése és az általuk létrehozott talajok erdőgazdálkodás számára megfelelő – az eddigi talajtérképezési eljárásoknál megbízhatóbb – előrejelzése és modellezése lett. Ennek elérése érdekében összeállítottuk az Észak-Hanságra vonatkozó – eddigi legrészletesebb – térinformatikai adatbázist. Ennek az adatbázisnak az általunk végzett termőhelyi vizsgálatokkal való feltöltése után lehetőség nyílt a területen előforduló talajszelvényekkel jellemzett talajtípusok „fuzzy”-klasszifikációjára, amely klasszifikáció nemcsak a talajok jellemzőit, hanem a jelenlétükben meghatározható környezeti viszonyokat is osztályozta és amely osztályozás lehetővé tette a nem osztályozott területek talaj tulajdonságainak becslését, az osztályozott mintapontokhoz való hasonlóságuk mértéke alapján. Ebben a cikkben a módszer elvi alapjait, az alkalmazott gyakorlati megvalósítás részleteit és az eredmények egy részét tárgyaljuk. Emellett felvetjük egy új típusú talajtérképezés elvi lehetőségét, amely lényegesen nagyobb pontossággal, ezzel szemben lényegesen kevesebb ráfordítással lenne képes talajtérképek előállítására, mint amit a hagyományos talajtérképezési módszerek jelenleg nyújtanak.

ANYAG ÉS MÓDSZER

Térképi alapok

Ahogy a bevezetőben utaltunk rá, a kutatás alapját a térinformatikai adatbázis jelenti, melynek felépítése a következő.

A Magyar Állami Földtani Intézet jóvoltából rendelkezünk a Kisalföld földtani térképsorozatának, talajfejlődés szempontjából lényeges részleteinek digitális változatával (1. ábra). Szintén birtokunkban vannak a területen létesített geológiai fúráspontok különböző mélységeinek szemcseösszetétel adatai. Ezek az adatok és térképek megegyeznek a Magyar Állami Földtani Intézet által kiadott: „A Kisalföld földtani térképsorozata, Mosonmagyaróvár” címet viselő füzetben megtalálható térképekkel.

Ennek jelentősége abban áll, hogy a talajfejlődés szempontjából igen jelentős kérdés a közvetlenül a felszín alatt elhelyezkedő földtani képződmények minősége és összetétele. A Hanság azon területein, ahol nem a hidromorf talajok kialakulásának kedveztek a környezeti feltételek, a talajképző közet figyelembevétele nem megkerülhető.

Az Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság jóvoltából birtokunkban van a térségben fellelhető talajvízkutak méréseiből számított havi talajvízszint átlagadatok értéke 1955-től 2000-ig (540 hónap adata). Ehhez kapcsolódóan természetesen a kutak földrajzi adatai is ismertek. Így vált lehetővé a vonatkozó időszak havi talajvízszintjeinek modellezése (2. ábra) a térség faállományai alatt. Ezt a modellt Spline illesztéssel hoztuk létre annak érdekében, hogy a kutak havi átlagadatainak értékeire illeszkedő folytonos és minimális görbületű felületet kapjunk. Ez a felület a mérési pontokon a talajvízkutakban mért értékeket veszi fel. Ez a közelítés a térség csekély domborzata, és a mélyebb talajrétegek homokos, kavicsos összetétele miatt – amely a víz mozgását nem akadályozza jelentős mértékben – nem jelent nagy tévedési lehetőséget, mivel számottevő akadály hiányában a víz is hasonló felületet igyekszik kialakítani a talajtestben. (Vízépítő mérnökökkel egyeztetve.)

A talajvíz mozgása nagy jelentőségű a lápterületek termőhelyi viszonyainak értékelésében, illetve a tözegtalajok hidrológiai viszonyainak szempontjából. A talajvízszintek és a felszíni domborzat vizsgálatával meghatározhatók azok a területrészek, amelyek leginkább ki vannak téve a talajvízből származó többletvíz

hatásának. Emellett elhatárolhatók a különböző hidrológiai kategóriák határai, úgymint vízhatástól független, felszínig nedves, vízzel borított stb. Megemlítjük, hogy a kialakult talajvízszint modellek közül az 1982 évit összevetve a MÁFI által készített talajvízszint térképpel, igen jó egyezést találtunk a két térkép között.

1. ábra

A 2 m-es mélységben található földtani képződmények térképe (MÁFI, 1991)

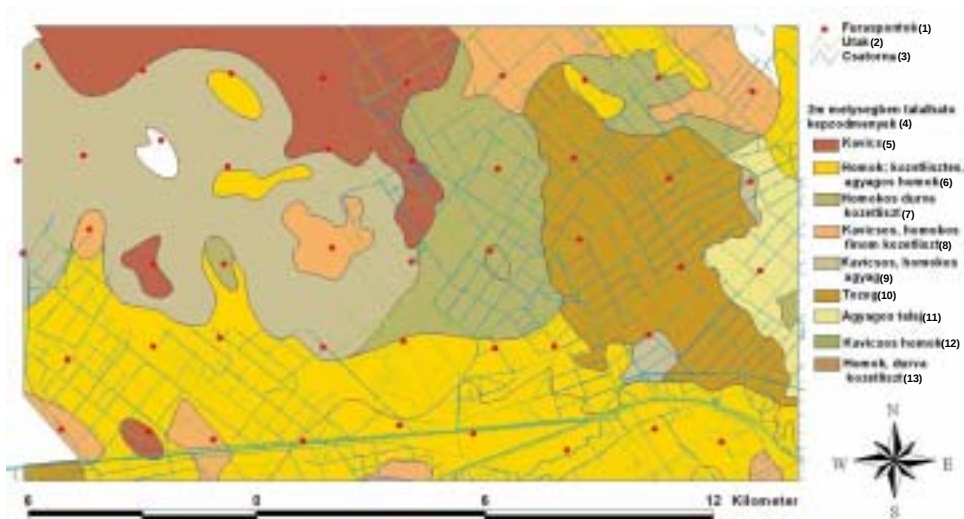


Figure 1: Geology at 2 m depth below the surface

Bore holes(1), Roads(2), Channels(3), Granulometric classes from gravel to clay and their combinations(4), Gravel(5), Sand; rock-dusty loamy sand(6), Rough sandy rock-dust(7), Gravelly, sandy fine rock-dust(8), Gravelly, sandy loam(9), Peat(10) Loamy soil(11), Gravelly sand(12), Sand, rough rock-dust(13)

A területéről rendelkezésre álló Egységes Országos Vetületben készült 1:10.000 méretarányú 6×4 km-es térképszelvények síkrajzi elemeinek, szintvonalainak és magasságukkal adott pontjainak digitalizálásával elkészítettük a térség digitális domborzatmodelljét. A szintvonalakon és a magassági pontokon alapuló TIN (Triangular Irregular Network) generálásával létrehozott domborzatmodell, kulcsszerepet játszott az elemzések során (3. ábra). A domborzatmodellből levezetett, további – e helyen nem közölt – térképi adatbázisok a következők:

- lejtéviszonyok térképe és a kitérési viszonyok térképe,
- a mikrovízgyűjtők elhelyezkedésének, ill. azok legmélyebb pontjainak térképe.

Ezeknek az adatbázisoknak az elemzése alátámasztotta azt az elméletet, miszerint a talajvízszintekben 1993-96 között észlelt drasztikus talajvízszint emelkedés – ami a hansági erdőben jelentős gazdálkodási nehézséget okozott – egyenes következménye volt a dunacsúnyi víztározó 1992-es üzembe helyezésének. A víztározó által a talajvízre kifejtett, megnövekedett hidrosztatikai nyomás ugyanis a mélyebben fekvő területeken talajvízszint emelkedést okozott.

2. ábra

Példa a talajvízkutak mérési adatain alapuló talajvízszint modellre

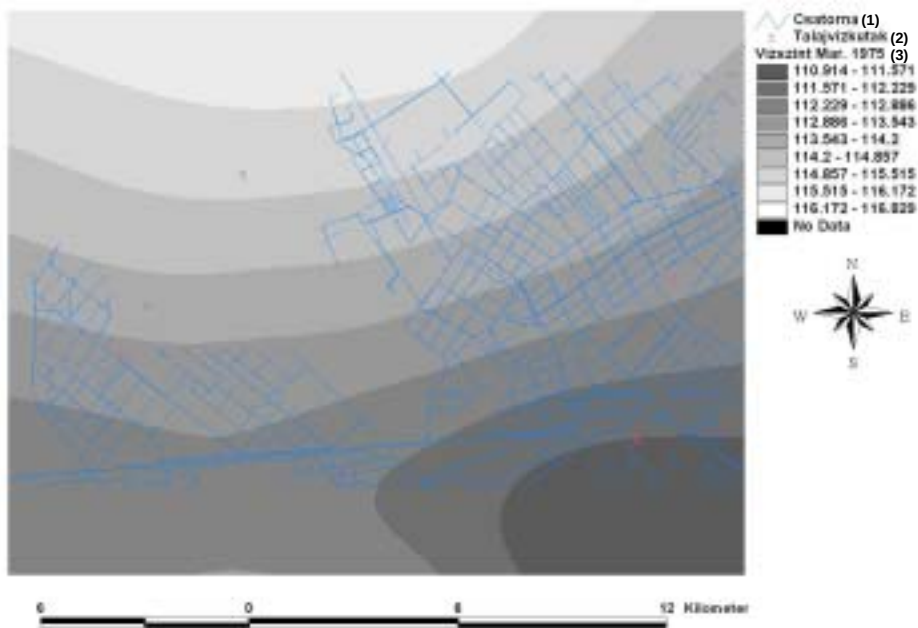


Figure 2: An example for ground water surface model

Channels(1), Groundwater wells(2), Modelled groundwater surface above sea level(3)

Ezt az állítást alátámasztják a következő tények.

- A víztározó alját nem látták el semmilyen szigeteléssel. (Forrás: A szlovák szakemberekkel folytatott konzultáció alapján.)
- Megnövekedett belvízkárokról a víztározó környezetében szlovák oldalon is beszámoltak. (Forrás: A szlovák szakemberekkel folytatott konzultáció alapján.)
- A víztározó tengerszint feletti magasságban kb. 10 m-el a kérdéses terület felett helyezkedik el és a terep a Hanság medencéje felé lejt. A horizontális távolság pedig csupán néhányszor 10 km.
- A mélyebb talajrétegek szemcse összetétele kedvez a vizek ilyen irányú áramlásának.
- A vízmennyiség az utóbbi években fokozatosan csökken a Hanságban.

Az utolsó megállapítást azért lehet az állítást alátámasztó érvnek tekinteni, mert az évek múlásával, a víztározóban lelassuló vízből kiüledik a hordalék, eliszapolja a víztározó alját és eltorlaszolja a víz útját. Így a tározó víztömege egyre csökkenő mértékben tud nyomást gyakorolni a környező talajtestek vizeire.

Terepi adatgyűjtés

A vizsgált térségben összesen 100 mintaterület került kitézésre, melyből 96-on nyitottunk szelvényt és vizsgáltuk. Ezekből az alább ismertetésre kerülő modell létrehozásában 74 terület adatát tudtuk felhasználni.

Az előző fejezetben vázolt térinformatikai adatbázist feltöltöttük a mintapont hálózattól gyűjtött adatokkal (4. ábra).

3. ábra

A szintvonalas térképekből előállított felületmodell részlete

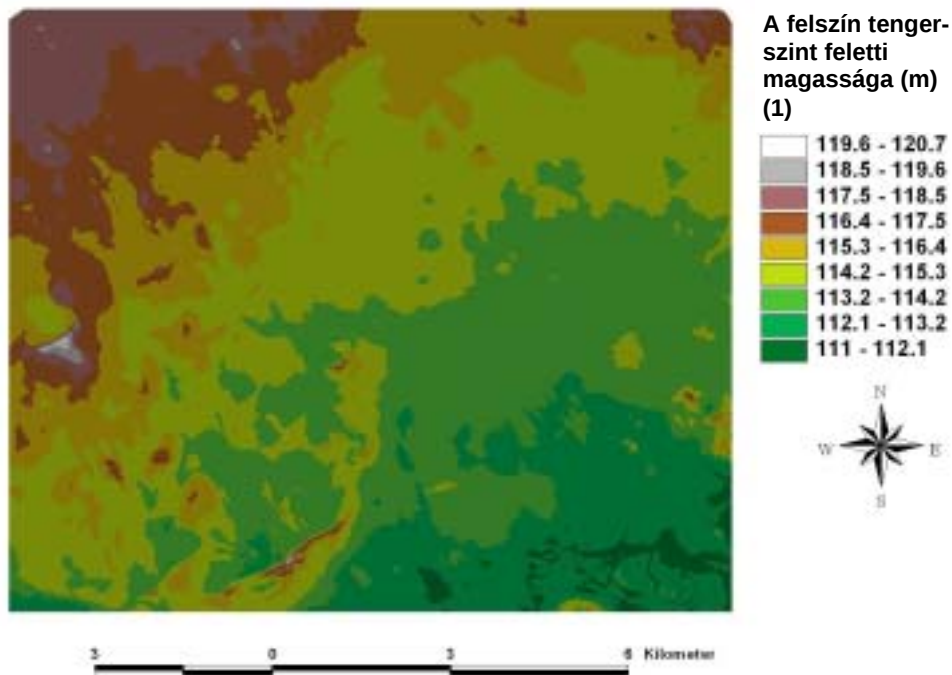


Figure 3: An extract from the digital elevation model

Altitude(1)

Mintapont hálózat megtervezése

A Kisalföldi Erdőgazdaság Rt. rendelkezésünkre bocsátotta az Észak-hansági erdőterületek fajaj és fatermőképesség szerinti megoszlást ábrázoló üzemi térképeit, amelyek alapján meghatároztuk az egyes fajajok arányát és teljesítőképességét. Felhasználva ezt az információt azonos fajajú és fatermő-képességű részekre bontottuk a területet, amelyekhez tartozó területnagyságok, mint súlyok alapján meghatároztuk az egyes részekre jutó elméleti mintaszám arányt. Ezután az egyes részterületek földrajzi elhelyezkedésének megfelelően, véletlenszerűen kiosztottuk a mintaszám kereteket. Gyakorlatilag rétegzett, véletlen mintavételt valósítottunk meg, mely révén olyan nem szisztematikus mintapont hálózat alakult ki, amelyben az egyes faállománytípusok területüknek – fontosságuknak – megfelelő arányban képviseltettek.

4. ábra

A mintapontok térbeli eloszlása a vizsgált területen, az azonosító számokkal

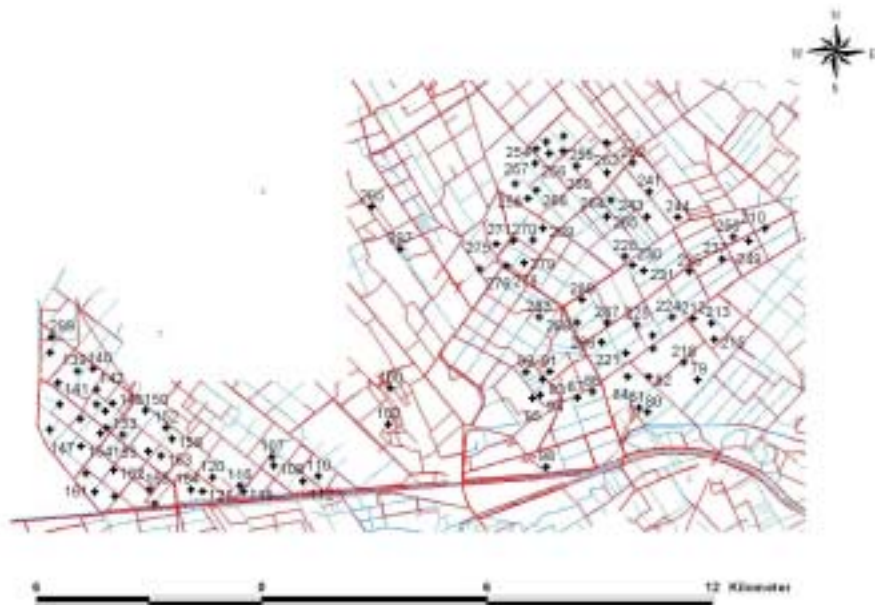


Figure 4: The sample plot network over the study area

Megfigyelések a mintapontokon

Termőhelyfeltárás:

- talajszelvény nyitás;
- szintek elkülönítése;
- a termőréteg és a tözegréteg vastagságának meghatározása, helyszíni jellemzése;
- fényképkészítés;
- szintenkénti mintavétel.

Laborvizsgálatok:

- vizes és kálium-kloridos pH meghatározása;
- hidrológiai és kicserélődési aciditás;
- szénsavas mésztartalom, szén-, nitrogén-, foszfor-, kálium- és kén tartalom meghatározása;
- mechanikai összetétel frakcióinak meghatározása (agyag, iszap, finom homok, durva homok frakciók).

A részletes termőhelyi feltárássra azért volt szükség, hogy a lehető legpontosabban lehessen majd jellemezni a különböző környezeti feltételek mellett kialakuló talajokat és a rajtuk álló állományok teljesítőképességét.

A mintapontok adatait rögzítettük a térinformatikai adatbázisban. Terepi felkeresésüket GPS használatával oldottuk meg.

A konkrét méréseken kívül a mintaterületek adattáblájába integráltuk a térinformatikai adatbázisból nyert adatokat is:

- tengerszint feletti magasság,
- kitettség,
- lejtés,
- alapkőzet,
- az aktuális mikro-vízgyűjtő legmélyebb pontjától mért távolság mérőszáma (a legmesszebbi pont távolságának százalékában),
- havi talajvízszintek (a talajvíz felületének modelljéről vett adat).

Minthogy ez utóbbi adat csak a talajfelszín magasságának ismeretében bír értelmezhető információval és korántsem érdektelen, hogy a szelvényen belül hol helyezkedik el a mindenkor talajvízszint, ezért szükségesnek éreztük egy olyan változó bevezetését, mely információt hordoz a talajvízszint szelvényen belüli elhelyezkedéséről.

A mintapontok esetében ismertük a talajfelszín tengerszint feletti magasságát, valamint a termő-, illetve az alatta elhelyezkedő tőzegrétegnek a vastagságát. Ismertük továbbá az alapkőzetnek a mélységét. Ezeknek az ismereteknek a birtokában meghatározhattuk a felső kotus, illetve a tőzeges réteg határának tengerszint feletti magasságát. Ezek után, a talajvízszint talajprofilon belüli elhelyezkedésének jellemzésére képeztünk egy talajvízszint indexet (v) (5. ábra).

5. ábra

A talajvízszint talajprofilon belüli elhelyezkedésének lehetséges esetei
(A, B és C a felszínnek, a termőrétegnek és a tőzegrétegnek a határa,
 V_i pedig a mindenkor havi talajvízszint, $i=1971$. januártól 1999. decemberig)

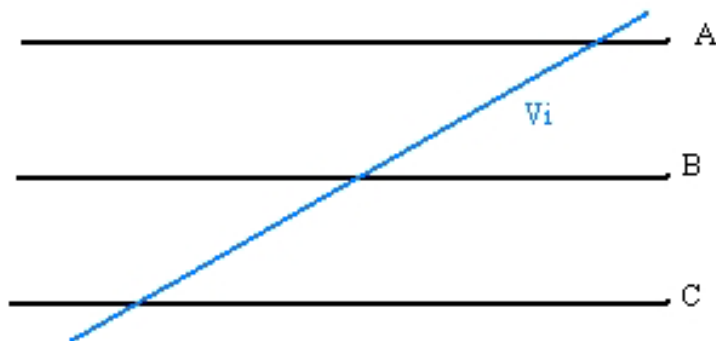


Figure 5: The possible positions of the ground water table in soil profile (A, B and C are the elevation of top soil surface, rootable depth and the lower boundary of peat layer, V_i represents the water table, $i=1971$ January to 1999 December)

- Ha a talajvízszint az ágyazati kőzetben, vagy annak határán van ($V_i \leq C$):
 $v=1-(C-V_i)/C$. Ebben az esetben v értéke egynél kisebb, vagy egyenlő eggyel.
- Ha a talajvízszint a tőzegrétegben, vagy a termőréteg határán van ($C < V_i \leq B$):
 $v=2-(B-V_i)/(B-C)$. Ebben az esetben v értéke egy és kettő közé esik.
- Ha a talajvízszint a termőrétegben, vagy a felszín határán van ($B < V_i \leq A$):
 $v=3-(A-V_i)/(A-B)$. Ebben az esetben v értéke kettő és három közé esik.
- Végül pedig, ha a talajvízszint a felszínen, vagy a felszín felett van ($A < V_i$):
 $v=4-(A-V_i)/A$. Ebben az esetben v értéke négy fölötti.

A fenti index értékeit ily módon minden egyes hónapra előállítottuk, majd a havi értékeket átlagoltuk és minden egyes szelvényt egyetlen talajvízszint indexszel jellemezhattünk, amely megmutatta, hogy a sokévi átlagot tekintve melyik talajrétegben, milyen mértékig van jelen a talajvíz. Ezzel az indexszel a talajvízszint elhelyezkedésének minőségi különbségeit is figyelembe tudtuk venni a későbbi elemzések során.

A fentebb ismertetett módszerekkel előállítottuk tehát a vizsgálati területünk környezeti leíró adatbázisát, melybe beágyaztuk a mintapontok részletes vizsgálatával nyert talajminta adatbázisunkat, amely összetett adatállomány jelentette a tulajdonképpeni elemzésekhez a kiindulást.

Elméleti alapok

Célunk egy olyan környezet-talaj modell előállítása, amely megbízhatóan használható kiindulást ad a területen dolgozó szakemberek sikeres munkájához, legyen az erdőgazdálkodás vagy természetvédelem.

Minden talajtani kutatás alapja, a genetikai talajtípuson alapuló talajosztályozást is beleértve az a gondolat, hogy a talaj a rá adott helyen ható környezeti tényezők eredőjének irányában fejlődik. Tehát:

$$T \leftarrow f(K), \quad (1)$$

vagyis a talaj (T) a rá ható talajformáló környezeti erőknek (K) a függvényeként alakul ki. Homogén talajformáló erők esetében homogén talaj mintázat, változatos talajformáló erők esetén változatos talaj mintázat jön létre.

Ebből az alapfeltevésből mindjárt következik, hogy kulcsfontosságú a talaj fejlődésére döntő hatást kifejtő környezeti változók helyes kiválasztása, és értékelése.

A talajtani kutatás sok-sok évtizedes tapasztalata megmutatta, hogy az (1) függvénykapcsolat matematikailag leírható és alkalmazható változatának megalkotása, a tényezők közötti rendkívül bonyolult kölcsönhatásrendszer miatt, gyakorlatilag lehetetlen. Lehetőség van ellenben tipikus példák, főbb talajfejlődési irányok és azok kiemelkedő irányító hatásainak és folyamatainak megragadására és leírására (talajosztályok, talajtípusok leírása). Ezt alkalmazza a genetikai talajtípusok leíró rendszere is (Stefanovits, 1975), mely tartalmazza a hazánkban előforduló talajok tipikus példáit. Erre épült aztán a hagyományos talajtérképezés rendszere, mely a genetikai talajtípusok ábrázolásával közelíti az egy adott területen fellelhető talajokat. Jelentőségük igen nagy, széles körben alkalmazhatók, ám a talajok térbeli mintázatoságát csak viszonylag nagyléptékű ábrázolás esetén képesek kielégítően követni. Részletekbe menő és nagy pontosságú talajtérképek készítésére a hagyományos talajtérképezés rendszere a túlságosan megugró szükséges mintaszám miatt, nehezen alkalmazható, márpedig az erdőrészlet szintű erdőtervezés feladataihoz legalább erdőrészlet nagyságú, vagy még nagyobb felbontású térképekre lenne szükség. A hagyományos talajtérképezés esetében a talajtípusok határainak éles meghúzására van módunk, a térkép diszkrét módon lépcsőzetesen követi a talajok változásait, ám finomabb átmenetek jellemzésére nincsen mód. Pedig folytonos talajtestek esetében, egyenletesen változó környezeti feltételek mellett a talajtípusok közötti egyenletes átmenetek jelenléte a valószínűbb.

Egy terület alatt húzódó talajok összességét célszerű tehát egy folytonos talajtestként felfogni és ábrázolni, mely talajtest jellemzői a környezeti tényezők változásával összhangban változnak, egymás folyamatos átmeneteit képezve. Egy-egy konkrét talajszelvényben talált talaj jellemzőit tekintve több típus jegyeit is magán viselheti, és nem feltétlenül lehetséges egyik, vagy másik osztályba való besorolása. Erre

egyébként csak akkor van szükség, ha mindenképpen meg kívánjuk adni talajaink taxonómiai rendszerben elfoglalt legvalószínűbb elhelyezkedését.

A talajok folytonos közegként való térbeli modellezésére a térinformatikai szoftverek és a matematikai gondolkodás fejlődése révén nyílt lehetőség. A térinformatikai szoftverek nyújtotta lehetőségeket az előzőekben már bemutattuk, azok további részletezése nem szükséges. A matematikai gondolkodásban bekövetkezett – témánk szempontjából – forradalmi áttörést a „fuzzy” (lágy) osztályokról alkotott elmélet fejlődése hozta (Zadeh, 1965).

A szétválasztási, osztályozási vizsgálatok célja kétféle lehet:

- mintánk bizonyos elemeiről el akarjuk dönteni, hogy véges számú előre definiált osztályaink közül melyikbe esnek;
- mintánkban lévő elemek sokaságát megpróbáljuk bizonyos osztályalakító szempontok szerint, természetesen elkülönülő osztályokba sorolni.

A hagyományos cluster-analízis során minden elemről feketén-fehéren eldöntjük, hogy melyik osztályba tartozik. Vagyis, az osztályba tartozást kifejező logikai változó értéke minden elem esetében az egyik osztályra nézve 1, a többi osztályra nézve pedig 0.

Olyan esetben, ahol az osztályok átmérője (egy osztály két legtávolabbi eleme közötti távolság a paraméterterben), az osztályok közötti távolságnál (két osztály egymáshoz legközelebbi elemének távolsága a paraméterterben) kisebb, lehetőség van egyértelmű elkülönítésre, ám ahol az osztályok átmérője nagyobb mint az osztályok közötti távolság, az egyértelmű szétválasztás nem lehetséges mert kialakulhatnak átfedések az osztályok között.

A forradalmi áttörést az a gondolat hozta, hogy nem feltétlenül kell egy elemnek vagy az egyik vagy a másik osztályba tartozni, hanem egyszerre több osztályba is tartozhat más-más mértékben. Ezt nevezik „fuzzy”, vagy lágy osztályozásnak. Az osztályba tartozást kifejező logikai változó értéke, mint súlyérték ebben az esetben 0 és 1 között bármilyen értéket felvehet, ám egy elemre vonatkozóan a különböző osztályokban vett súlyok összege egyenlő 1-el. A lágysági, „fuzzifikációs” paramétert és az osztályok számát előre meg kell adni és tulajdonképpen egy iterációs eljárás során állapítjuk meg a valószínűségi elkülönülő osztályok számát, amely folyamat során az egyes osztályok középső, centrális értéke meghatározható. A matematikai háttér ismertetésére nem térünk ki, ám akit bővebben is érdekel a téma, számos irodalmi forrást talál (Podani, 1997).

Az e fajta osztályozási módszer kiválóan alkalmazható a talajok osztályozására, ahol az elkülönítendő elemek közötti átmenetek fokozatosak, illetve ahol a megfigyelt objektumok közötti különbségek nem kiemelkedően markánsak.

Fuzzy osztályozás végrehajtása

Az előző fejezetekben ismertetett, összetett talajtani- és környezeti változókkal feltöltött adatbázis fuzzy klasszifikációjával szétválasztottuk az adatok alapján elkülöníthető, természetes osztályokat a talajok között a hozzájuk tartozó környezeti változók jellemző értékeivel együtt. Az elemzésekhez a SYN-TAX 2000 (Podani, 2000) programcsomagot használtuk.

Az analízis végén öt osztály vált ki a 96 talajszelvény adataiból, mely osztályok jellemző talajtani és környezeti értékei az egyes változók esetében az 1. táblázatban közölt módon alakultak.

Megjegyezzük, hogy ezek a talajosztályok semmilyen formában nem kötődnek a genetikai talajtípusok rendszeréhez.

Következő lépésként, az alábbi módszert alkalmazva előállítottuk az egész vizsgálati térségre vonatkozóan, az egyes osztályok előfordulását ábrázoló térképet (6. ábra).

6. ábra

Az Észak-Hanság talajosztályainak térképe (részlet)

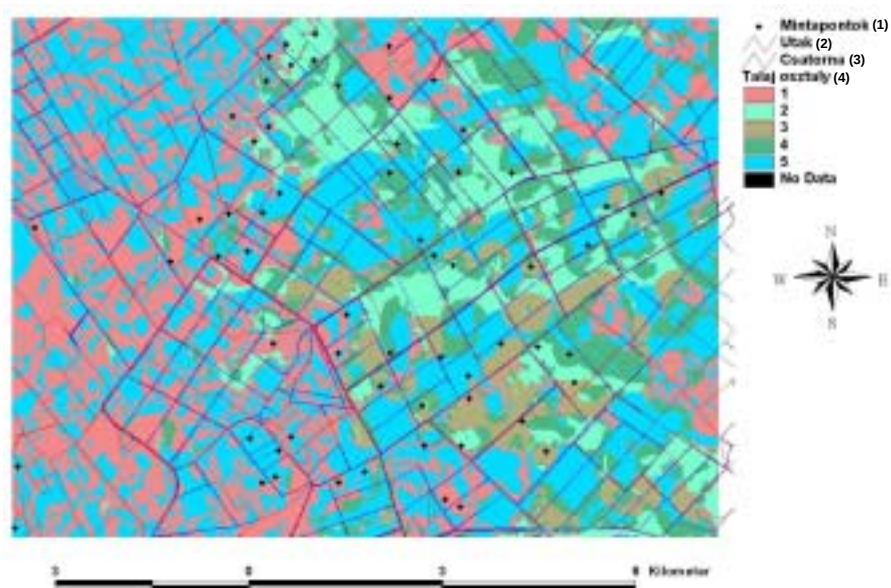


Figure 6: The soil class map of the study area (subtract)

Sample plots(1), Roads(2), Channels(3), Soil classes from 1 to 5(4)

1. táblázat

Fuzzy talajosztályok középértékei minden vizsgált talaj- és környezeti jellemzőre

Osztály (1)	Elem- szám (2)	Termő- réteg (cm) (3)	Tőzeg- réteg (cm) (4)	Lejtés (fok) (5)	Kitettség (fok) (6)	T.sz.f. mag. (m) (7)	Alapkő- zet (8)	Vízgyűj- tó táv. % (9)	pH H ₂ O (10)	pH KCl (11)
1	16	48	5	3,064	222	114,2	3	36	7,3	6,9
2	8	53	14	0,4878	19,51	113,8	4	32	7,1	6,7
3	5	65	101	0,1389	22,39	113,5	6	18	6,5	6,1
4	10	53	44	2,16	283,9	113,9	5	46	6,9	6,4
5	35	41	18	0,1013	2,622	114,1	3	40	7,2	6,9

Folytatás a következő oldalon

Continued on the next page

Folytatás az előző oldalról
Continued from the last page

Osztály	Agyag (%) (12)	Izap (%) (13)	Finom homok (%) (14)	CaCO ₃ max (%) term.r. (15)	C-tart (mg/100 mg) (16)	N-tart (mg/100mg) (17)	S-tart (mg/100mg) (18)	AL-P (mg/100g) (19)	AL-K (mg/100g) (20)	Talajvíz index (v) (21)
1	14	26	49	14	14,10	0,821	0,732	5,696	5,367	1,301
2	14	29	53	18	12,14	0,791	0,874	7,371	4,073	2,598
3	13	25	60	5	27,88	1,896	1,097	2,814	3,963	2,128
4	17	23	57	10	21,38	1,357	1,217	2,777	4,317	2,213
5	14	31	47	20	12,58	0,774	0,540	3,926	5,594	1,311

Table 1: The central concept of each fuzzy soil class considering the environmental and the soil property domain

Class(1), Number Of Obs(2), Rootable depth (cm)(3), Peat layer (cm)(4), Slope (degree)(5), Aspect (degree)(6), Elevation (m)(7), Parent mat.(8), Watershed dist. %(9), pH H₂O(10), pH KCl(11), Clay (%) (12), Silt (%) (13), Fine sand (%) (14), CaCO₃ max (%) root.depth(15), C-cont (mg/100mg)(16), N-cont (mg/100mg)(17), S-cont (mg/100mg)(18), AL-P (mg/100g)(19), AL-K (mg/100g)(20), Ground water index (v)(21)

Az 1. táblázatban látható osztály középértékek az adott osztályok tipikus értékeit mutatják, mind a talajjellemzők, mind a környezeti változók esetében. Az adatok közül a tengerszint feletti magasság, a lejtés, a kiettség, a vízgyűjtő legalsó pontjától mért távolság mérőszáma (vízgyűjtő táv. %), az alapkőzet és a talajvízszint index értéke (v) az adott osztály optimális környezeti feltétel rendszerét jellemzik.

Arra vonatkozóan, hogy az egyes osztályok előfordulása hogyan változik a paraméterterben való mozgás során, nem rendelkezünk előzetes információval. Az összes mintaterület adatainak és az egyes osztályokba eső mintapontok adatainak gyakorisági eloszlásának vizsgálata után, elfogadtuk azt a feltételezést, hogy az egyes talajosztályokba tartozó elemek nagyobb gyakorisággal és valószínűséggel fordulnak elő az osztályközép értékekhez közeli paramétertartományban, mint attól távolabb. Annak ellenére, hogy a jelenleg rendelkezésre álló elemszám még nem volt elegendő minden osztály esetében a gyakorisági eloszlásfüggvények pontos meghatározásához, a normális eloszlás gyakorisági sűrűségfüggvényével közelítettük az osztályok eloszlását. Ezt az elgondolást alátámasztotta az a megfigyelés, hogy az egyes osztályokba sorolt mintaterületek adataira osztályonként illesztett normális eloszlások várható értékei egybeestek az osztályok centrális értékeivel valamint az a tény, hogy az adatokon végrehajtott eloszlás illesztés vizsgálat a normális eloszlás esetében adta a legjobb illeszkedést. A normális eloszlás sűrűség-függvényeit használtuk az egyes osztályok legvalószínűbb területi elhelyezkedésének szemléltetéséhez. Az osztályok környezeti paraméter térben való gyakorisági eloszlását mutatja, hogy ahol a környezeti változók értéke megközelíti az adott osztály középértékét, ott a gyakorisági sűrűségfüggvény értéke közelíti a maximumot. Ahol a környezeti változók értéke egy másik osztály középértékét közelíti, annak az osztálynak a sűrűségfüggvénye közelíti a maximumát, és az adott tartományban, az alatta lévő terület, mely a valószínűséggel arányos, túlszárnyalja a többi osztály azonos értékét. A jobb szemléletesség kedvéért, úgy módosítottuk a sűrűségfüggvényeket, hogy várható értékük továbbra is az osztályközép értéke legyen, ám maximális értékük minden esetben egy (7. ábra).

7. ábra

A talajvíz felszíntől mért távolságának osztályonkénti gyakorisági sűrűség-függvényei (optimum görbéi) az öt osztályban

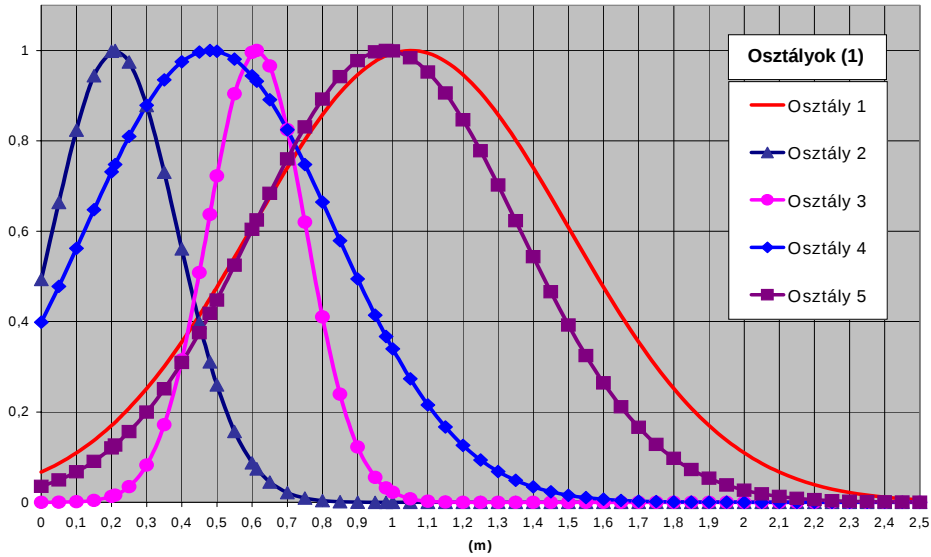


Figure 7: Frequency density functions of classes over groundwater depth from the surface

Soil class 1, 2, 3, 4, 5(1)

Így tehát a környezeti változók egész tartományában az öt osztály gyakorisági görbéi, melyek a folyamatos átmenetet és átfedést biztosítják az egyes osztályok között, szemléltetik a fuzzy talajosztályokat. Mind a hat előzőekben részletezett környezeti változó esetében, mind az öt osztályban, más-más paramétertartományban helyezkedtek el a sűrűségfüggvények. Ez azt jelenti a térképi ábrázolást tekintve, hogy minden egyes térbeli ponthoz 30 osztályközéptől való távolsági mérőszám tartozik (6 környezeti változó szorozva az 5 osztállyal). A cél az volt, hogy minden egyes terepi pontot (melyeket a pixelek ábrázolnak a térinformatikai adatbázisunkban) egy osztályba soroljunk. Ezért a hat környezeti paraméterre kiszámítottuk minden egyes pixel osztályba tartozásának mérőszámát. A számítás menete: a pixel osztályközéptől vett euklideszi távolságát elosztottuk az adott paraméterre vett és az osztályt jellemző szórással, végül a hányadost négyzetre emeltük:

$$U_{ijk} = ((Q_{ik} - X_{jk}) / S_{jk})^2 \quad (2)$$

ahol,

U_{ijk} : az i pixel j osztályba tartozásának mérőszáma, a k paraméterre nézve,

Q_{ik} : az i pixel értéke a k paraméterre nézve,

X_{jk} : a j osztály átlaga a k paraméterre nézve,

S_{jk} : a j osztály szórása a k paraméterre nézve.

Mivel kisebb az U_{ijk} értéke, annál közelebb van az adott pixel az adott osztály középpontjához, a kérdéses paraméterre nézve. Az U_{ijk} értékek átlagolásával, majd összehasonlításával a pixel hovatartozását a legkisebb átlagértékkel jellemzett osztály jelöli ki.

A talaj paraméterek becslése a mintapontok között

A talaj paramétereinek modellezésénél felhasználtuk az osztályozás eredményeit, oly módon, hogy osztályonként kerestük a környezeti változók és a talajjellemzők közötti összefüggéseket. Az osztályokra bontott paraméter becslés előnye, hogy lehetőséget ad a finomabb differenciálásra a változók között.

Könnyen belátható, hogy az egyes környezeti változók a különféle talajtípusok kialakításában más-más súllyal vesznek részt. Például, a mélyebb fekvésű területeken a talajvízszint elhelyezkedésének nagyobb szerepe van, mint az alapkőzet tulajdonságainak, míg magas fekvésű területeknél nyilván fordított a helyzet. Ennek megfelelően, az osztályonkénti paraméterbecslésnél jóval szorosabb illeszkedést találtunk a környezeti változók és a talajjellemzők között mint akkor, amikor az osztályokat figyelmen kívül hagytuk.

A talajjellemzők becslésére, osztályokon belül alkalmaztunk többváltozós regressziós eljárást, minek során minden egyes talajjellemzőt az összes lehetséges környezeti változó felhasználásával becsültünk. Az osztályonkénti regresszióra azért volt szükség, mert ugyanannak a környezeti változónak más-más talajosztályban eltérő hatása lehet. Abból kell kiindulni, hogy osztályonként változik a környezeti tényezők talajfejlődés szempontjából vett fontossági sorrendje, azonban hasonló talajtulajdonságok más-más talajosztályokban is kialakulhatnak. Ezért ha osztályozás mellőzésével, a teljes paramétertartományban próbálunk univerzális regressziós egyenletet felállítani, könnyen használhatatlan eredményeket kaphatunk. Ezzel szemben az osztályozás segítségével a paraméterteret feloszthatjuk nagyobb csoportokra – niche-ekre –, amely niche-eken belül a környezeti változók hatása homogén. Ezáltal az osztályokon niche-eken belül, pontosabban felderíthetők a környezeti változók és a talajjellemzők közötti összefüggések. A regressziós függvény alakja minden esetben a következő általános alakra vezethető vissza:

$$TJ = a_0 + a_1 \cdot (T.sz.f.m.)^{a_2} + a_3 \cdot (Lejtés)^{a_4} + a_5 \cdot (Kitettség)^{a_6} + a_7 \cdot (Alapkőzet)^{a_8} + a_9 \cdot (Vgyft)^{a_{10}} + a_{11} \cdot (v^*)^{a_{12}} \quad (3)$$

ahol,

TJ: a becsült talajjellemző,

a_0 - a_{12} : a regressziós paraméterek,

Vgyft: a ponthoz legközelebbi mikrovízgyűjtő legalsó pontjától mért távolság, a legtávolabbi pont %-ában,

v^* : a sokéves talajvízszint és a felszín közötti távolság, az adott helyen.

Természetesen nem minden esetben került be minden paraméter a regressziós egyenletbe. Csak addig folytatódott az újabb predikciós változók felvétele, amíg ebből kifolyólag az eltérés négyzetösszeg szignifikánsan csökkent (step forward multiple regression). Későbbiekben látható egy regressziós példa.

Az így nyert egyenleteket használtuk fel arra, hogy előállítsuk az alább bemutatott talaj modelleket, nevezetesen:

- termőréteg vastagsági modell,
- tőzegréteg vastagsági modell,
- termőréteg CaCO_3 tartalom modell.

Példa a talajosztályon belüli regresszióra, a termőréteg-vastagság tekintetében

A regressziós egyenlet

$$\begin{aligned} \text{Termőréteg-vastagság} = & 0,7907295 - 1,6 \cdot 10^{-11} \cdot (Vgyft)^5 - \\ & - 1,9881835 \cdot (Lejtés)^2 + 1,4226300 \cdot Lejtés - \\ & - 0,0014602 \cdot Kitettség \end{aligned}$$

2. táblázat

A regressziós paraméterek

Többváltozós regresszió (1)	$R=0,953$; $R^2=0,907$; $F(4,5)=12,254$; $p<0,0085$ A becslés hibája: 0,0502 (2)
N=10	Regressziós paraméterek (3)
Kitettség (4)	-0,0014602
Lejtés (5)	1,4226300
(Lejtés) ² (5)	-1,9881835
(Vgyft) ⁵ (6)	-1,6*10 ⁻¹¹
Konstans (7)	0,7907295

Table 2: Parameter summary

Multiple regression(1), Error(2), Parameters(3), Aspect(4), Slope(5), Watershed s pour point distance (Wppd)(6), Interception(7)

8. ábra

A negyedik fuzzy talajosztályban a becsült és az előre jelzett termőréteg-vastagsági értékek és a 95%-os konfidencia intervallum

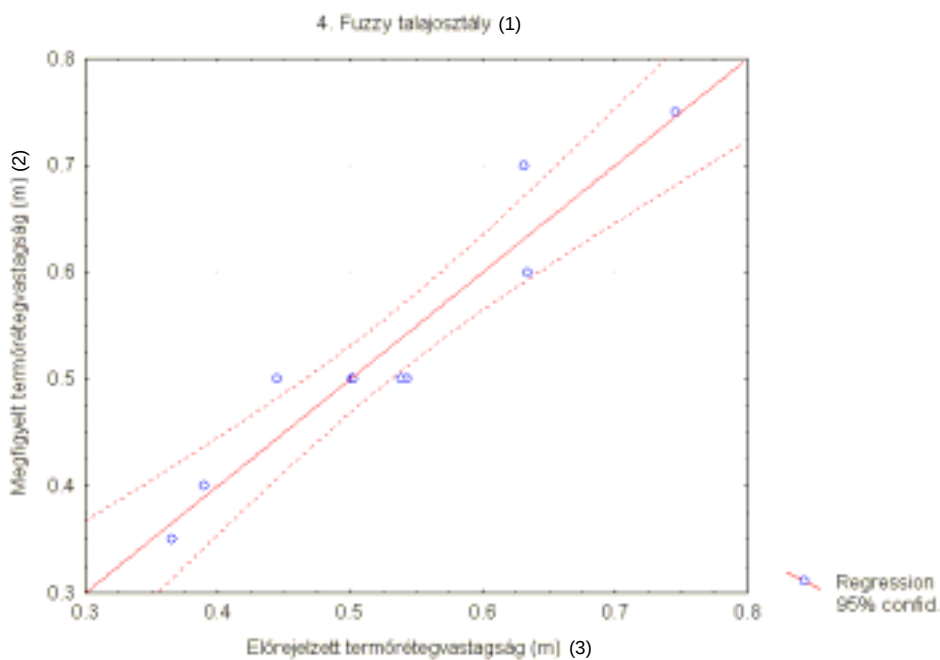


Figure 8: The observed and predicted values of rootable depth in fuzzy soil class 4 and the 95% confidence limits

4th fuzzy soil class(1), Observed rootable depth (m)(2), Predicted rootable depth (m)(3)

EREDMÉNY ÉS ÉRTÉKELÉS

Térképek

Az eredményeink közül azért mutatjuk be az előző fejezet végén felsorolt három részmodellt, mert ezek a talaj legközvetlenebbül tapasztalható tulajdonságai közé tartoznak, és mint ilyenek a gyakorlatban is viszonylag könnyen becsülhetők.

Az eredmények olyan térképek, amelyek mutatják a termőréteg vastagságának térbeli mintázatát (9. ábra), a tözegréteg vastagságának térbeli mintázatát (10. ábra), illetve a termőrétegbeli mésztartalom százalékanak alakulását (11. ábra).

A térképek felbontása jóval meghaladja az eddigi talajtérképek felbontását és megegyezik a kiindulásul használt raszteres adatállományok felbontásával. Esetünkben 20×20 m-es pixelméretben ábrázoltuk a talaj tulajdonságait ami azt jelenti, hogy ekkora az a minimális terület, ami a térkép egy pontjának felel meg.

A térképek nagyobb változatosságot mutatnak, mint a 6. ábrán bemutatott talajtípus térkép, mivel képes ábrázolni az osztályokon belüli változatosságot is, a regressziós kapcsolatok felhasználásával. Az alkalmazott módszerek eredményekben is megmutatkozó előnye, hogy azokon a területeken is képes becsülni a térbeli változatosságot – felhasználva a talajjellemzők és a környezeti változók között felállított összefüggéseket –, ahol előzőleg nem létesítettünk mintaterületeket.

9. ábra

Az Észak-Hanság termőréteg vastagsági modelljének részlete

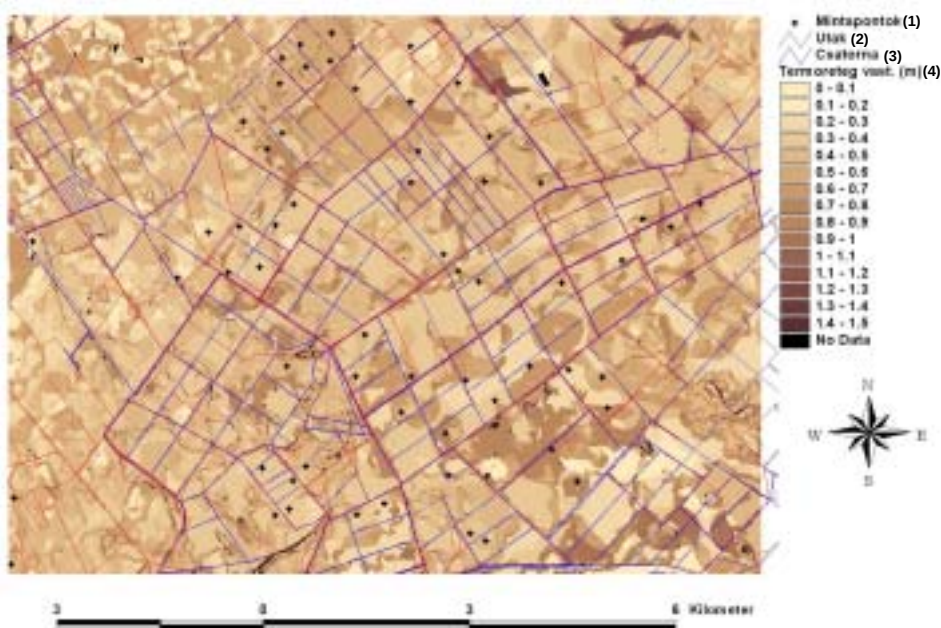
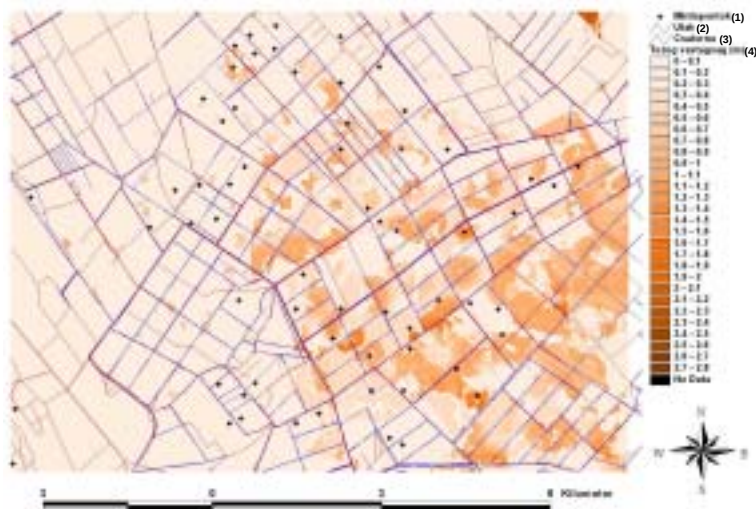


Figure 9: Model of the rootable depth under the study area

Sample plots(1), Roads(2), Channels(3), Rootable depth (m)(4)

10. ábra

Az Észak-Hanság tőzegréteg vastagsági modelljének részlete



A térképek alkalmazhatóságáról azt lehet mondani, hogy messzemenőig figyelembe kell venni a modell értelmezési tartományát, hiszen előfordulhat, hogy a paraméter tartományon kívül eső pontok esetén a modell nem értelmezhető eredményt ad. Ezért a modell létrehozásában felhasznált mintapont hálózattól távoli helyeken, a modell által generált térkép nem megbízható, hanem csak az értelmezési tartományán belül, illetve annak környezetében alkalmazható. Ott viszont – az alább bemutatásra kerülő statisztikák szerint – pontossága a jelenleg alkalmazott termőhelyi kategóriák által adott határokon belül van. Azt mondhatjuk, hogy modellünk megfelelően alkalmazható lesz az Észak-hansági Erdészeti kezelésében lévő területeken a termőhelyi viszonyok átfogó értékelésére, kivéve a Hanság-Nagyerdő területét, ahol alkalmazhatósága korlátozott, a jellegüket tekintve alapvetően eltérő talajképző folyamatokból fakadóan.

Pontossági mutatók

A modell pontosságának értékeléséhez a következő szempontokat kell figyelembe venni.

- A kiindulási alapul vett környezeti változók adatbázisa, elemeit tekintve maga is egy modell, amely nyilvánvaló módon valamilyen hibával eleve terhelt, de ennek a mértékét nem ismerjük. Ez a következőkből adódik:
 - a szintvonalas térkép hibája, a térképezés óta bekövetkezett változások miatt,
 - a felületmodellből levezetett jellemzők hibája, amely az előző hiba következménye,
 - a talajvízszintek modelljének hibája, amely szintek 15 környező talajvízkút adatából kerültek levezetésre,
 - a földtani térkép esetleges hibái.
- A modellezni kívánt talajjellemzők (1. táblázat) mérési hibatartománya.
- Az antropogén hatásokat modellünk nem tudja figyelembe venni.

Az előzőekben vázolt, jelentős bizonytalansági tényezők ellenére azt kell mondanunk, hogy a modell igen jó eredményeket adott a mintaterületek adataival való összevetés során. Egyes, itt nem közölt jellemzők esetében, például a valóságos agyagtartalom, és a modell becslésének eltérése még az alább közölt értékeknél is szűkebb tartományban mozgott, tehát a modell nagyobb pontosságú eredményt produkált.

Az 12.-14. ábráról leolvasható, hogy a termő- és a tőzegréteg vastagság, továbbá a mésztartalom tekintetében az esetek (mintaterületek) hány százaléka esik a különböző hibasávokba. Az értékek meggyőzőek abban a tekintetben, hogy a modellel sikerült megragadnunk a termőhelyi viszonyok alakulását kormányzó fő tényezőket. Segítségükkel feltehetően képesek leszünk a gyakorlat mai igényeit messzemenően kielégítő térképeket készíteni. Kiegészítésként a 3. táblázatban tekinthetők meg a közölt termőhelyi tényezőkre vett hibaértékek statisztikái. Természetesen mindehhez hozzá kell tenni, hogy ezek a belső pontossági mérőszámok, ugyanis számításuknál csak a modell kialakításában szereplő területeket (74) használtuk fel.

Ezek után bemutatjuk a modell becsléseinek hibaeloszlását a 22 regresszióba be nem vont mintaterület esetére (15.-17. ábra), valamint a statisztikai adatokat részletező 4. táblázatot. Ebben az esetben látható, hogy a modell értékei a termő- és a tőzegréteg vastagságának tekintetében eléggé szorosan követik a valóságos adatokat, és a hibasávok arányai nem változnak számottevően. A mésztartalom esetében, némileg eltérő a helyzet, mivel itt a nagyobb eltérések aránya jelentősen növekedett, bár itt is igaz, hogy a becslési hibák többsége a valóságos értékektől kevésbé eltérő tartományba esik. Ez mindössze annyit jelent, hogy a mésztartalom becslése nem annyira „könnyű”, mint az előző két paraméteré. Megfigyelhető azonban, hogy a hiba értékek eloszlásának alakulása

mindegyik esetben hasonló, tehát a modell nem „mintavételi hely specifikus”, ami azt jelenti, hogy ettől eltérő, ám szintén véletlenszerűen kiválasztott mintapont hálózat esetében sem kapnánk lényegesen eltérő eredményt. Továbbá hozzátesszük, hogy a 22 független minta eredménye, még nem elegendő a végleges statisztika elkészítéséhez, hiszen abból két pont eltérése már csaknem 10%-ot jelent. Várható, hogy a mintaszám emelkedésével a nagyobb eltéréseket mutató oszlopok aránya csökkenni fog.

12. ábra

A termőréteg vastagság modelljének hibaeloszlása a modell létrehozására felhasznált 74 mintapont esetében

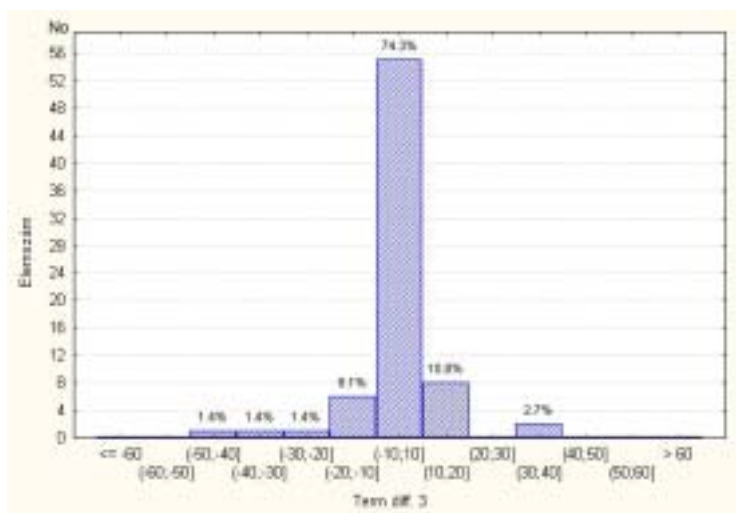


Figure 12: Error distribution of the rootable depth for the 74 cases included in model building

3. táblázat

Az egyes termőhelyi tényezőkre számolt hiba statisztikai adatai, a modellhez felhasznált pontok esetében

	Elem- szám (1)	Átlag (2)	-95% (3)	+95% (4)	Összeg (5)	Minimum (6)	Maximum (7)	Szórás (8)
			Átl. konf. intervallum					
Termőréteg (9)	74	-0,7	-3,3	2,0	-49,0	-40,4	34,3	11,5
Tőzegréteg (10)	74	-0,5	-5,7	4,6	-39,5	-115,5	85,0	22,3
CaCO ₃ tart. (11)	74	-0,5	-3,6	2,6	-37,6	-28,0	46,2	13,4

Table 3: Error statistics of soil properties for the sample plots included in the model

Number of observations(1), Mean(2), -95% Confidence limits(3), +95% Confidence limits(4), Sum(5), Minimum(6), Maximum(7), St. Dev.(8), Rootable depth(9), Peat layer(10), CaCO₃ content(11)

13. ábra

A tőzegréteg vastagság modelljének hibaeloszlása a modell létrehozására felhasznált 74 mintapont esetében

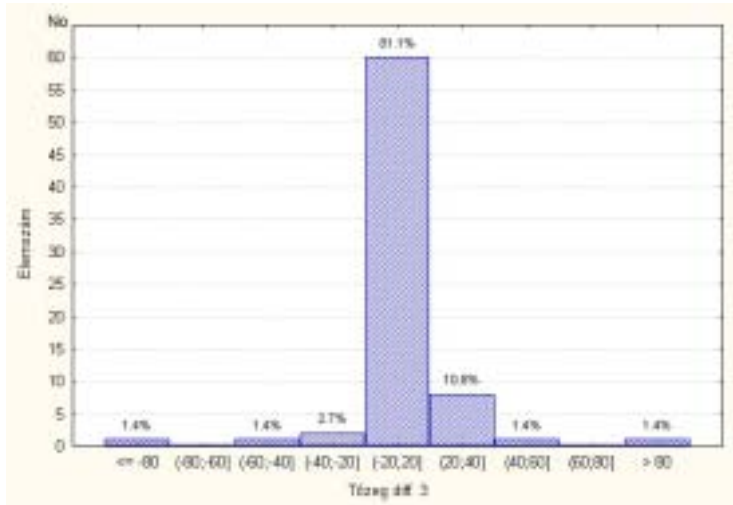


Figure 13: Error distribution of the peat layer thickness for the 74 cases included in model building

14. ábra

A termőréteg mésztartalmi modelljének hibaeloszlása a modell létrehozására felhasznált 74 mintapont esetében

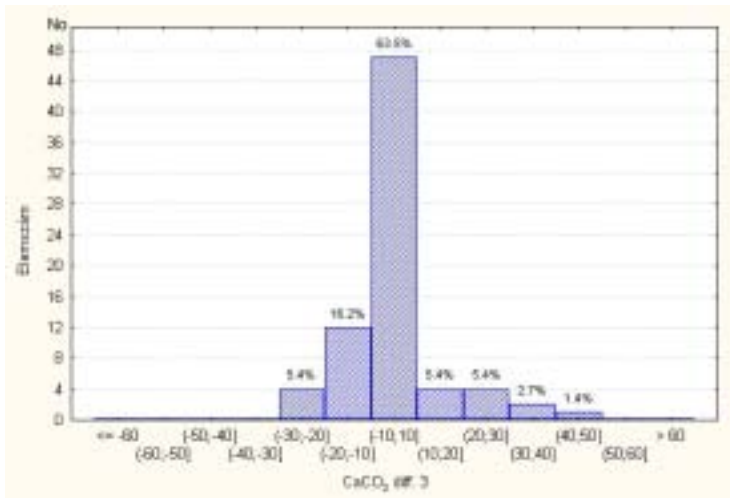


Figure 14: Error distribution of the CaCO_3 content for the 74 cases included in model building

15. ábra

A termőrég vastagság modelljének hibaeloszlása a modell létrehozására fel nem használt 22 mintapont esetében

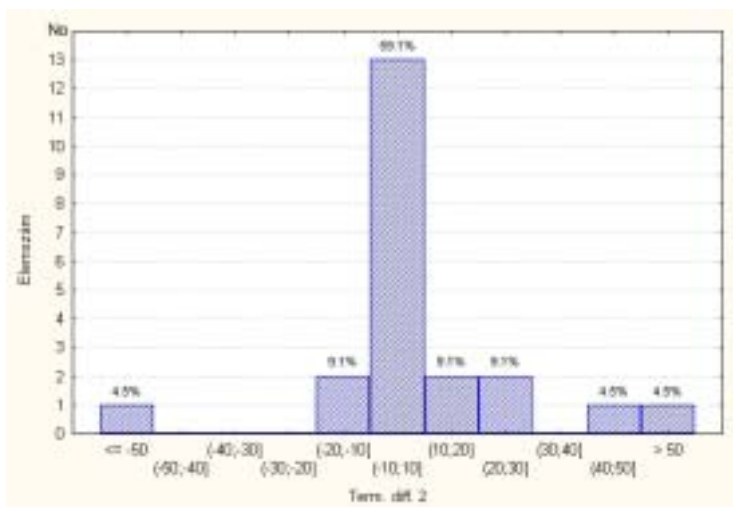


Figure 15: Error distribution of the rootable depth for the 22 cases not included in model building

16. ábra

A tőzegrég vastagság modelljének hibaeloszlása a modell létrehozására fel nem használt 22 mintapont esetében

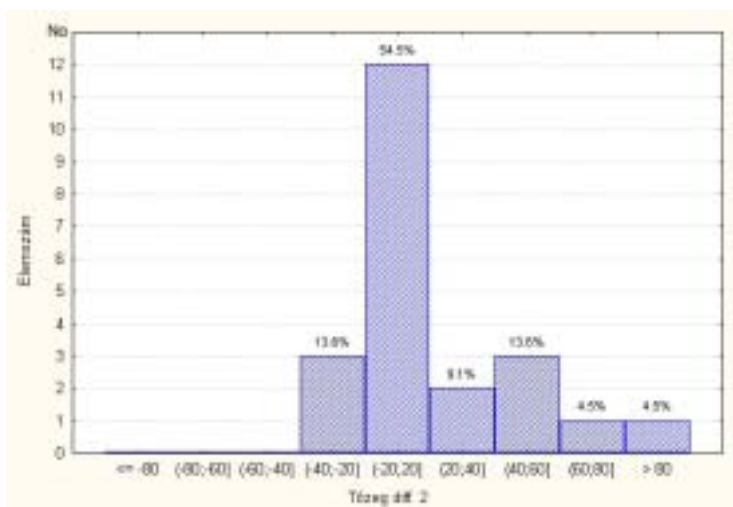


Figure 16: Error distribution of the peat layer thickness for the 22 cases not included in model building

17. ábra

A termőréteg mésztartalmi modelljének hibaeloszlása a modell létrehozására fel nem használt 22 mintapont esetében

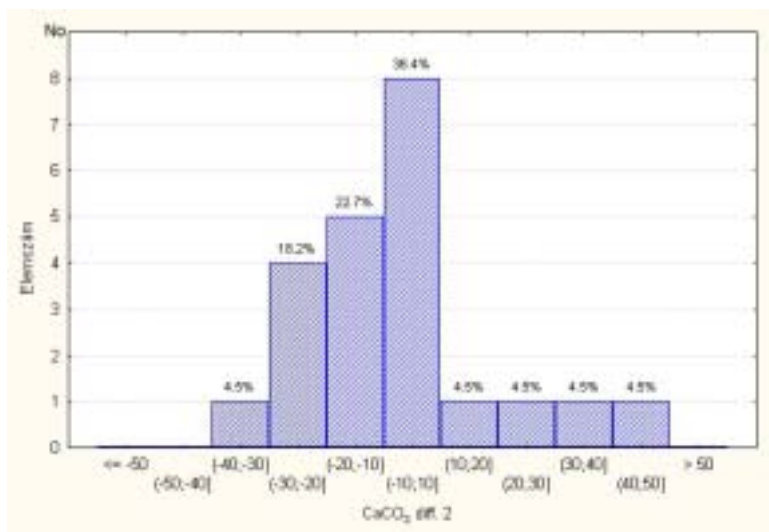


Figure 17: Error distribution of the CaCO₃ content for the 22 cases not included in model building

4. táblázat

Az egyes termőhelyi tényezőkre számolt hiba statisztikai adatai, a modellhez fel nem használt pontok esetében

	Elem- szám (1)	Átlag (2)	-95% (3)	+95% (4)	Összeg (5)	Minimum (6)	Maximum (7)	Szórás (8)
			Átl. konf. intervallum					
Termőréteg (9)	22	5,3	-4,1	14,8	117,2	-50,4	54,0	21,3
Tőzegréteg (10)	22	16,3	0,9	31,8	359,6	-38,9	120,0	34,8
CaCO ₃ tart. (11)	22	-4,3	-13,0	4,4	-94,7	-38,7	45,4	19,6

Table 4: Error statistics of soil properties for the sample plots not included in the model

See table 3

Végül bemutatjuk az összesített statisztikát, amelyhez felhasználtuk mind a 96 szelvény adatát, vagyis mind a 74 modellalkotásba bevont szelvényt és a 22 modellalkotásba be nem vett szelvényt egyaránt (18.-20. ábra és 5. táblázat).

18. ábra

A termőréteg vastagság modelljének hibaeloszlása az összes (96) mintapont esetében

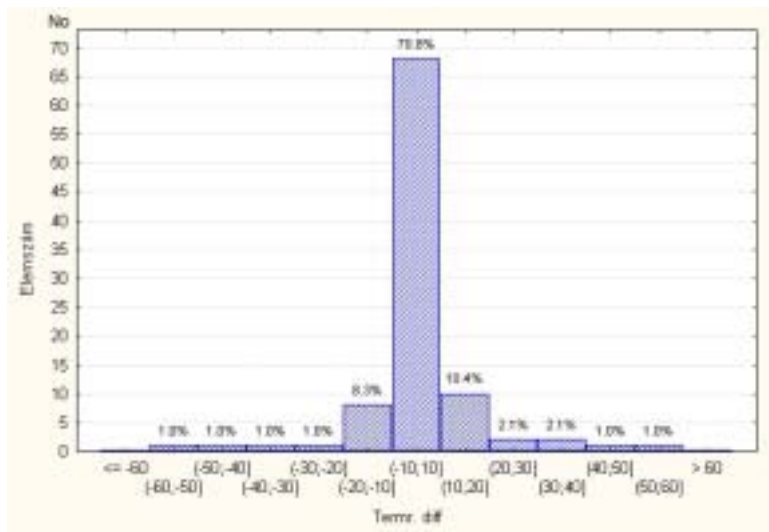


Figure 18: Error distribution of the rootable depth for all the 96 cases

19. ábra

A tőzegréteg vastagság modelljének hibaeloszlása az összes (96) mintapont esetében

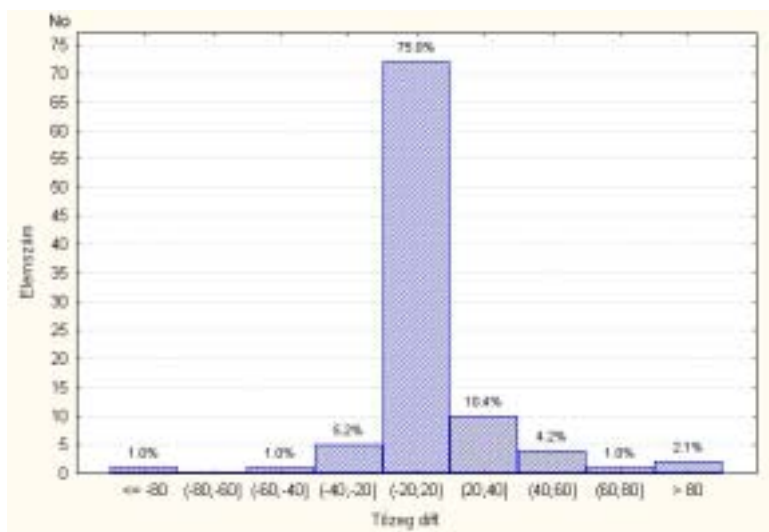
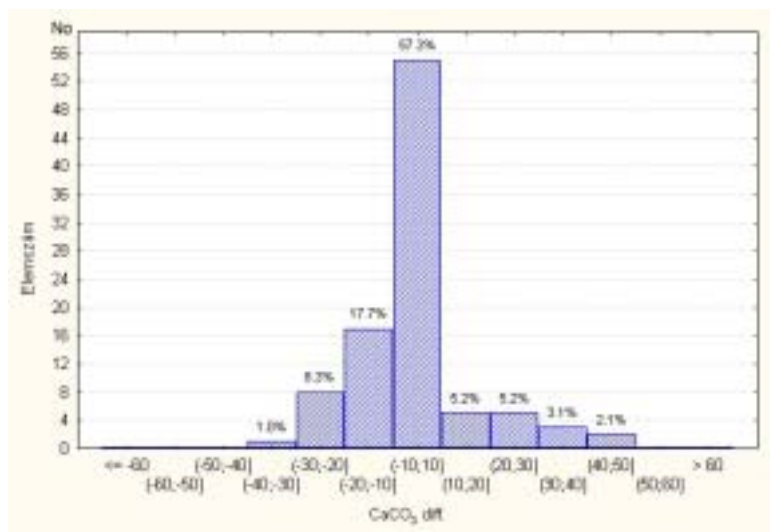


Figure 19: Error distribution of the peat layer thickness for all the 96 cases

20. ábra

A termőréteg mésztartalmi modelljének hibaeloszlása az összes (96) mintapont esetében

Figure 20: Error distribution of the CaCO₃ content for all the 96 cases

5. táblázat

Az egyes termőhelyi tényezőkre számolt hiba statisztikai adatai, az összes pont esetében

	Elem- szám (1)	Átlag (2)	-95% (3)	+95% (4)	Összeg (5)	Minimum (6)	Maximum (7)	Szórás (8)
			Átl. konf. intervallum					
Termőréteg (9)	96	0,7	-2,2	3,6	68,1	-50,4	54,0	14,4
Tőzegréteg (10)	96	3,3	-2,0	8,7	320,1	-115,5	120,0	26,5
CaCO ₃ tart. (11)	96	-1,4	-4,4	1,7	-132,3	-38,7	46,2	15,0

Table 5: Error statistics of soil properties for all the cases

See table 3

A táblázatok (3.-5. táblázat) adataiból és az ábrákból látszik, hogy a modell értékei zömében ott helyezkednek el, ahol az elvárható, nevezetesen a valóságos értékek viszonylag szűk környezetében.

Zárszóként elmondható, hogy a kutatás eddigi, részben itt bemutatott eredményeit igen biztatónak találjuk. Amennyiben a módszer a későbbi tesztek során is eredményesnek mutatkozik, úgy kínálkozik a lehetsége egy olyan viszonylag kevés, ám reprezentatív

módon kiválasztott mintaterület hálózattal jellemzett, és térinformatikai eszközökkel támogatott talajtérképezési eljárásnak, amely bármilyen területen képes lesz a gyakorlat számára az eddigieknél sokkal részletesebb és megbízhatóbb talajtérképek előállítására.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Munkánkat elsősorban a Kisalföldi Erdőgazdaság Rt., Észak-hansági Erdészetének sokrétű szakmai segítségével; a Fertő-Hanság Nemzeti Park támogatása – a védett és fokozottan védett területeket is fel tudtuk keresni –; az Észak-dunántúli Vízügyi Igazgatóság és a Magyar Állami Földtani Intézet adatszolgáltatása segítette. Kutatásainkhoz az anyagi támogatást a Földművelésügyi és Vidékfejlesztési Minisztérium, valamint az OTKA iroda nyújtotta, melyekért ezúton is köszönetünket fejezzük ki.

IRODALOM

- McBratney, A.B., Odeh, I.O.A. (1997). Application of fuzzy sets in soil science: fuzzy logic, fuzzy measurements and fuzzy decisions. *Geoderma*, 77. 85-113.
- Podani, J. (1997). Bevezetés a többváltozós biológia adatfeltárás rejtelmeibe. 126-131.
- Scharek, P. (1991). (szerk.): A Kisalföld földtani térképsorozata. Mosonmagyaróvár, Magyar Állami Földtani Intézet (MÁFI).
- Zadeh, L. (1965). *Fuzzy set theory and its Applications*. Kluwer-Nijhoff, Boston.
- Zhu, A-X. (1997). A similarity model for representing soil spatial information. *Geoderma*, 77. 217-242.
- Zhu, A-X., Hudson, B., Burt, J., Lubich, K., Simonson, D. (2001). Soil mapping using GIS, expert knowledge, and fuzzy logic. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 65.1463-1472.
- Zhu, A-X., Band, L.E., Dutton, B., Nimlos, T.J. (1996). Automated soil inference under fuzzy logic. *Ecological Modelling* 90. 123-145.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Illés Gábor

Erdészeti Tudományos Intézet

1023 Budapest, Frankel Leó u.42-44.

Forest Research Institute

H-1023 Budapest, Frankel Leó u.42-44.

Tel.: +36-1-438-5866, Fax: +36-1-326-1639

e-mail: ill7770@ella.hu.



Hisztorikus folyamat-adatok szegmentálása fuzzy csoportosítási algoritmus segítségével

Feil B., Abonyi J., Németh S., Árva P.

Veszprémi Egyetem, Folyamatmérnöki Tanszék, Veszprém, 8200 Pf. 158.

ÖSSZEFOGLALÁS

A modern folyamatirányító számítógépek által rögzített hatalmas adathalmaz a folyamat modellezésében, és a modellen keresztül a folyamat irányításában és fejlesztésében is hasznos lehet. E komplex kérdéskörön belül, az ipari technológiák állandósult üzemeltetéséhez tartozó állapotváltozók közti kapcsolatok elemzéséhez elengedhetetlenül szükséges eszköz fejlesztésével foglalkozunk. Egy adekvát stationer összefüggéseket leíró modell felállításához szükség van az adatsorok azon értékeinek kiválasztására, amelyekről biztosan állíthatjuk, hogy ok-okozati kapcsolatban vannak egymással, pl. melyek alapján meg lehet határozni, hogy a termékminőséget milyen állapotváltozó-értékek eredményezték. Mivel a működő technológiai rendszerekben sok mért állapotváltozó nyomonkövetése szükséges, olyan eszköz kell, amely lehetővé teszi sok párhuzamos idősor szimultán elemzését és szegmentálását. E feladat megoldására egy fuzzy csoportosítási algoritmust alkalmazó módszert javasolunk, mely zajjal szemben nem érzékeny és képes a csoportok számát automatikusan meghatározni. A megoldás alap gondolata, hogy a vizsgálandó idősor adott pontja helyett a pontot transzformált változók segítségével a környezetével közösen jellemezzük, majd ezek között a transzformált változók között keresünk hasonlóságot az említett csoportosítási algoritmus segítségével. Az általunk kifejlesztett eszközt egy nagysűrűségű polietilén-gyár (TVK Rt.) mért állapotváltozóinak elemzésében alkalmaztuk.

(Kulcsszavak: adatelemzés, csoportosítás, folyamat irányítás, fuzzy modellek, idősorok)

ABSTRACT

Segmentation of historical process data based on fuzzy clustering algorithm

B. Feil, J. Abonyi, S. Németh, P. Árva

University of Veszprém, Department of Process Engineering, Veszprém, H-8201 P.O.Box 158.

The segmentation of historical process and business data is an important data-mining task, as the resulted segments are used for building predictive models, effective storing and querying of historical databases, and rule-searching. In this paper a tool is presented which can analyse the data collected during the operation of technologies and can determine the time periods in which the behaviors of the analysed variables are similar. This tool is based on fuzzy clustering. The effectiveness of the proposed algorithm is presented in the case studies based on real data sets from the polyethylene factory of the TVK Ltd. The results prove well that this tool can be applied to distinguish the typical operational periods i.e. to qualify the operation of the technology posteriorly based on the measured data.

(Keywords: data analyse, clustering, process engineering, fuzzy models, time periods)

BEVEZETÉS

A gyorsabb és megbízhatóbb számítógépes rendszerek megjelenése forradalmasította azokat a módszereket, melyeket vegyipari technológiákban használnak, gondoljunk csak az adatnaplózó és tároló egységekre. Ezek a számítógépes rendszerek már képesek kifinomult szabályozási stratégiák véghezvitelére, szimulációra és optimalizációra annak érdekében, hogy javítsák a műveleteket és így csökkentsék a költségeket (Doymaz, 2001; Kosanovich, 1997; Lane, 2001). Ezek az előnyök azt is eredményezték, hogy hatalmas mennyiségű adatot grafikusán és szövegesen is megjelenítsenek, elérhetővé tegyenek az operátorok számára. Ezzel együtt az operátoroktól azt is megkövetelik, hogy rutinszerűen valósítsák meg az előírt műveleteket, optimalizálják a teljesítményt és reagáljanak az esetleges vészjelzésekre (Huang, 1995). A nagymennyiségű adat interpretálása és analízisa azonban rendkívül komplex feladat, mivel az operátoroknak nincs sem idejük, sem szakértelmük a folyamat monitorozásához (Lindheim, 1997; Mishitani, 1996; Wang, 1999).

Fontos célunk tehát, hogy ebből a hatalmas adathalmazból megfelelő információkat szerezzünk, amely mind a folyamat modellezésében, jobb megértésében, mind – akár a modellen keresztül – a folyamat irányításában is hasznos lehet (Lakshminarayanan, 2000; MacGregor, 1995). Ehhez használható és hatékony eszközt kell találnunk. Ez különösen fontos számos gyakorlati alkalmazásban, amelyekben fehérdoz-modellek felállítása nem lehetséges a rendszer komplexitása miatt.

A komplex kérdéskörön belül a dolgozat egy, az ipari technológiák állandósult üzemeltetéséhez tartozó állapotváltozók közti kapcsolatok elemzéséhez elengedhetetlenül szükséges eszköz fejlesztésével foglalkozik. Tegyük fel, hogy egy már működő technológiai rendszerben nem ismerjük a számos állapotváltozó közül azokat, amelyek befolyásolják vagy lényegesen meghatározzák az előállított termék minőségét. Ez természetesen a szabályozásban is gondot okoz, és a rossz minőségű termék előállításáig pedig költségnövekedést eredményez. Ezért végső célunk egy modell identifikálása, egy adekvát modell felállításához azonban szükség van az adatsorok azon értékeinek kiválasztására, amelyekről biztosan állíthatjuk, hogy ok-okozati kapcsolatban vannak egymással és be lehet azonosítani, hogy – konkrétan – az adott termékminőséget milyen állapotváltozó-értékek eredményezték. Ehhez a rendelkezésre álló adatsorokból meg kell állapítanunk a stacioner szakaszokat, illetve fel kell ismernünk a tranziens állapotokat.

Mivel működő technológiai rendszerekben sok mért állapotváltozó van, ezért olyan eszközre van szükség, amely lehetővé teszi több párhuzamos idősor szimultán elemzését és szegmentálását. Ennek megoldására egy számítási intelligencián alapuló fuzzy csoportosítást alkalmazó módszert javasunk.

Legyen $x(t)$ egy időben változó állapotváltozó. Célunk ezt az idősort szakaszokra bontani, szegmentálni, vagyis megállapítani azon t_i időpontokat, amelyekre teljesül, hogy a t_i és t_{i+1} közötti időtartamban az $x(t)$ állapotváltozó jellemző homogén viselkedést mutat. Ilyen jellemző homogén viselkedésminták lehetnek az alábbiak.

- Az epizódok (Stephanopoulos, 1995; Kivikunnas, 1998), melyek a jel, az első és a második deriváltjának előjelét veszik figyelembe, vagyis azt, hogy a jel pozitív-, vagy negatív-e, csökken, nő, nem változik, illetve milyen az alakja. Ennek alapján hét primitív epizód különböztethető meg.
- Lineáris szegmensek (Keogh, 2001), melyben az adott szakaszt egyenessel közelítjük. Ebben az esetben a szakaszt az egyenesek paramétereivel lehet jellemezni.
- Cél lehet az abnormális viselkedésmód megállapítása és annak kezelése is (Wong, 1998), ebben az esetben a normális, átmeneti és abnormális állapotokat, viselkedéseket érdemes megkülönböztetni.

- A mi esetünkben az állandósult üzemeltetési állapotokat keressük, tehát a stacioner és tranziens állapotokat kell megkülönböztetnünk, illetve alapvető fontosságú még a stacioner állapotok egymástól való megkülönböztetése is.

A homogén viselkedésminták megkülönböztetése természetesen nagyban függ attól, hogy milyen célt akarunk elérni ezekkel. Célunk lehet:

- becslés (előrejelzés, illesztés) (Keogh, 2001; Boekhoudt, 1995; Rossiter, 1998),
- hatékony tárolás (Keogh, 2001),
- elemzés, kiértékelés,
- bizonyos szegmensek keresése,
- szabályok megtalálása ...

A szegmentálási algoritmusok (többek között) a következő módszerekkel dolgozhatnak.

- Csúszó ablak: egy szegmenst addig növelünk, amíg pl.: egyenest illetve a vizsgált szakaszra egy bizonyos hibahatárt át nem lépünk (a folyamatot attól a ponttól ismételjük, amelyik már nem tartozik bele a lezárt szegmensbe).
- Top-down: az idősort rekurzív partícionáljuk, amíg bizonyos leállási feltételt el nem érünk.
- Bottom-up: a lehető legfinomabb felosztással kezdünk, majd a szegmenseket egyesítjük bizonyos leállási feltétel eléréséig.
- Inflexiós pontok keresése, mely az epizód-elemzésnél fontos, mivel a primitív epizódok két inflexiós pont között helyezkednek el (Fujiwara, 1994).

Ezeket a módszereket sokan és sokféle módon ötvözték fuzzy logikával (Wong, 1998; Last, 2000; Rossiter, 1998) és fuzzy csoportosítással is (Boekhoudt, 1995; Goutte, 1998).

Az általunk vizsgált esetben rendkívül nagy mennyiségű adat elemzésére volt szükség, így igényként merült fel, hogy az algoritmus gyors és viszonylag egyszerű legyen, és kezelni tudjon párhuzamos idősorokat szimultán módon, valamint legyen robusztus. Ennek érdekében a fuzzy szubsztraktív csoportosítási algoritmust használtuk fel, mely zajjal szemben nem érzékeny, mivel fuzzy logikát alkalmaz, és képes a csoportok számát automatikusan meghatározni.

Ennek a munkának az alap gondolata az volt, hogy a vizsgálandó idősor adott pontja helyett a pontot a környezetével együtt elemezzük, majd ezek között a transzformált változók között keresünk hasonlóságot, melyhez az említett csoportosítási algoritmust alkalmaztuk. A módszer tehát paraméterként tartalmazza annak a tartománynak a méretét, amelyet a ponttal együtt vizsgálunk, illetve azokat a jellemzőket, amelyek a környezet jellemzésére szolgálnak, indikálják tehát azt, hogy a pont milyen tulajdonságú más pontokkal van körülvéve. Az általunk kifejlesztett eszközt valós ipari adatokon fogjuk bemutatni a rendelkezésünkre bocsátott nagysűrűségű polietilén-gyár (TVK Rt.) mért állapotváltozói alapján.

E fuzzy technikák folyamatmérnöki problémák megoldásában történő alkalmazhatóságát már számos rendszeridentifikációval kapcsolatos munkánk igazolja (Feil, 2001; Abonyi, 2002; Abonyi, 2003).

IDŐSOROK SZEGMENTÁLÁSA CSOPORTOSÍTÁSI ALGORITMUSSEL

A probléma megfogalmazása

Célunk n párhuzamos idősor vizsgálata és ezek szegmentálása, vagyis olyan szakaszokra való bontása, melyekben hasonló tulajdonságú pontok helyezkednek el. Adott tehát x_{ki} ($k=1, \dots, n$), ($i=1, \dots, n$) állapotváltozó $N \cdot \Delta t$ időtartam feletti értéke, ahol Δt a

mintavételezési idő. Az N megfigyelés halmazát jelöljük $\mathbf{X}$ -szel és ezeket egy $N \times n$ -es mátrixban tároljuk:

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \Lambda & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \Lambda & x_{2n} \\ \mathbf{M} & \mathbf{M} & \mathbf{M} & \mathbf{M} \\ x_{N1} & x_{N2} & \Lambda & x_{Nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{x}_1^T \\ \mathbf{x}_2^T \\ \mathbf{M} \\ \mathbf{x}_N^T \end{bmatrix}, \quad (1)$$

melyben tehát egy-egy sor egy-egy mintának, egy-egy oszlop pedig egy-egy időszornak felel meg. A szegmentálás célja, hogy az $\mathbf{X}$ adatmátrixot úgy „tördeljük szét”, hogy az egyes egységekben az állapotváltozók egymástól eltérő jellegű időbeli viselkedést mutassanak:

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} x_{11} & \Lambda & x_{1n} \\ \mathbf{M} & \mathbf{O} & \mathbf{M} \\ x_{i1} & \Lambda & x_{in} \\ \text{---} & \text{---} & \text{---} \\ \mathbf{M} & \mathbf{O} & \mathbf{M} \\ \text{---} & \text{---} & \text{---} \\ \mathbf{M} & \mathbf{O} & \mathbf{M} \\ x_{N1} & \Lambda & x_{Nn} \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Egy-egy szaggatott vonal közötti szakaszban hasonló tulajdonságú pontok találhatók, például az egyik egységben az állapotváltozó növekszik, míg egy másikban nem változik. Jelöljük $\mathbf{b}$ -vel azt a vektort, mely a töréspontokat tartalmazza:

$$\mathbf{b} = [b_1 \ b_2 \ \dots \ b_{N_b}]^T, \quad (3)$$

ahol $b_1 = 1$, $b_{N_b} = N$ és a b_i az i -edik szegmens kezdőpontját tartalmazza. A technológia állandósult állapotainak elemzéséhez, a végső célunk ezen szegmentálás eredményéből a $\mathbf{b}$ vektor azon értékeinek megtalálása, melyek között az állapotváltozók nem vagy csak megengedhetően kis mértékben változnak. E feladat megoldására a következő fejezetben bemutatott algoritmust fejlesztettük ki.

Az algoritmus leírása

Mivel az állapotváltozók dinamikus viselkedését elemezzük, ezért nem azok konkrét időpontban vett értéke az algoritmus alapja, hanem egy adott időhorizonton detektált változása. Ezt az időhorizontot a következőkben ablaknak fogjuk nevezni. Ennek méretét állandó értéknek vettük, hasonlóan az irodalomban bemutatott algoritmushoz (Wong, 1998). A szegmentálás első lépésében kiválasztjuk azokat a módszereket, amelyek az állapotváltozó környezetét indikálják. A változók vizsgált ablakban történő változása alapján fogjuk az elemzett egységek között levő hasonlóságot megkeresni. E dinamikus viselkedést transzformált változókkal írjuk le, melyek vektorát jelöljük a következő módon:

$$\mathbf{z}_{kj} = f(x_{ki}, \dots, x_{(k+N_w)i}), \quad (4)$$

amely az k -edik mintára $\mathbf{x}_k$, vonatkozó j -edik indikátor sorvektorát jelenti, az N_w pedig ablak méretét jelöli. Általában ezek skalárok, pl.: az átlag, a szórás, de lehetnek pl.: egy polinom paraméterei is, melyek esetén már vektort kapunk. Ezen indikátorokat bővebben a következő alfejezetben tárgyaljuk.

A $\mathbf{Z}$ mátrixban tároljuk ezeket az értékeket:

$$\mathbf{Z} = \begin{bmatrix} \mathbf{z}_{11} & \mathbf{z}_{12} & \Lambda & \mathbf{z}_{1n_z} \\ \mathbf{z}_{21} & \mathbf{z}_{22} & \Lambda & \mathbf{z}_{2n_z} \\ \mathbf{M} & \mathbf{M} & \mathbf{M} & \mathbf{M} \\ \mathbf{z}_{N_z 1} & \mathbf{z}_{N_z 2} & \Lambda & \mathbf{z}_{N_z n_z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{z}_1^T \\ \mathbf{z}_2^T \\ \mathbf{M} \\ \mathbf{z}_{N_z}^T \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Mivel a megkövetelt ablakméret miatt bizonyos pontokat nem tudunk transzformálni, másrészt elegendően nagy ablakméret esetén a számítási igény csökkentése végett nem feltétlenül kell minden egymást követő adatpontot transzformálni, hanem bizonyos számút „át is ugorhatunk”, ezért N_z jóval kisebb lehet N -nél. Az n_z dimenzió nagysága a választott indikátor változók számától és minőségétől függ.

Az algoritmus következő lépésében a $\mathbf{Z}$ -ben tárolt egyes ablakokat minősítő változók közötti hasonlóságot keressük meg fuzzy csoportosítási algoritmus segítségével. A csoportosítás során az adatokat olyan halmazokba soroljuk, melyekben hasonló tulajdonságú pontok helyezkednek el. A hasonlóság alapja általában valamilyen típusú távolságmérés. Ezen halmazok azon pontját, mely leginkább jellemző az adott halmazra, nevezzük csoportközéppontnak, prototípusnak. Az általunk választott algoritmus automatikusan határozza meg a csoportok számát (N_c), illetve az egyes csoportok középpontjait is ($\mathbf{z}_j^*$, $j=1, \dots, N_c$), melyeket a meglevő adatpontokból választ ki.

A csoportközéppontok meghatározása után minden adatpontot besorolunk valamelyik csoportba. Ehhez a $\mathbf{z}_i$ pont adott $\mathbf{z}_j^*$ csoportközépponttól való távolságát vesszük alapul, és a következő függvényt definiáljuk, Boekhoudt, 1995-höz hasonlóan:

$$A_j(\mathbf{z}_i) = \exp\left(-\frac{\|\mathbf{z}_j^* - \mathbf{z}_i\|}{r_A^2}\right), \quad (6)$$

mely kifejezés tehát megadja a $\mathbf{z}_i$ pont j -edik csoportba tartozásának mértékét (az r_A értéke az algoritmus egyik paramétere lesz, értéke összefügg a csoportosítási algoritmussal is. Ezt követően meg kell állapítanunk, hogy a $\mathbf{z}_i$ pont melyik csoportba tartozik. Az adott pontot abba a csoportba fogjuk sorolni, melyre a fenti $A_j(\mathbf{z}_i)$ értéke a legnagyobb (itt tudatosan hibát vétünk, hiszen csak a csoportközéppontok tartoznak 100%-os súllyal egy bizonyos csoporthoz). Az eredményt a $\mathbf{h}$ vektorban tároljuk, melynek elemeit a következőképpen számoljuk:

$$h_i = \arg_j \max A_j(\mathbf{z}_i). \quad (7)$$

E lépésre azért van szükség, mert egy adott csoportba tartozó egységek nem feltétlen követik egymást az időben, hanem néha több különálló hosszabb-rövidebb azonos jellegű szakaszokat definiálnak. Ezt az információt a (3) egyenlettel megadott $\mathbf{b}$ vektor foglalja magába, melynek elemeit ebben a lépésben azonosítjuk be:

$$b_k = i \mid i: h_i \neq h_{i+1}. \quad (8)$$

Miután a transzformált változók tartományában elvégeztük az adatpontok csoportosítását, az eredeti idősorainkban is beazonosíthatjuk az egyes tartományokat. Az így megállapított időtartományokba eső adatok kiválasztott indikátorainak értékeit újraszámoljuk, és ezekkel az értékekkel fogjuk jellemezni az adott szegmenst.

A szubsztraktív csoportosítás

A csoportosításhoz az adatokat normálni kell úgy, hogy az adatok egy egységnyi hiperkockában helyezkedjenek el.

A következő lépésben alkotjuk meg az M potenciálfüggvényt:

$$M^{(1)}(\mathbf{z}_i) = \sum_{k=1}^{N_z} \exp(-\alpha d(\mathbf{z}_i, \mathbf{z}_k)), \quad (9)$$

ahol α egy pozitív konstans, $d(\mathbf{z}_i, \mathbf{z}_k)$ a lehetséges csoportközéppont $\mathbf{z}_i$ és a $\mathbf{z}_k$ adatpont távolsága és M indexe az iteratív lépés első elemére utal. Az adatpontok távolságát leggyakrabban az euklideszi értelemben vett távolságként definiálják:

$$d(\mathbf{z}_i, \mathbf{z}_k) = \sqrt{(\mathbf{z}_i - \mathbf{z}_k)^T (\mathbf{z}_i - \mathbf{z}_k)} \quad (10)$$

A fentiek alapján a potenciálfüggvény annak a valószínűségét fejezi ki, hogy az aktuális pont milyen mértékben lehet csoportközéppont. Minél közelebb van egy adatpont az adatok egy csoportjához, e csoport annál nagyobb mértékben járul hozzá ezen i -edik pont $M(\mathbf{z}_i)$ potenciáljához. Ez annyit jelent, hogy minél nagyobb az $M(\mathbf{z}_i)$ értéke, annál valószínűbb, hogy a $\mathbf{z}_i$ pont csoportközéppont. Az α paraméter értékét általában a következőképpen adják meg: $\alpha = 4/r_a^2$, ahol r_a a csoportközéppont befolyásának a mértéke.

A csoportosítási algoritmus utolsó lépésében felhasználjuk a potenciálfüggvényt a csoportközéppontok generálásához. Legyen $\mathbf{z}_1^*$ az első csoportközéppont, melynél a potenciálfüggvény a legnagyobb: $M_1^* = \max_i M^{(1)}(\mathbf{z}_i) = M^{(1)}(\mathbf{z}_1^*)$. Ahhoz, hogy a sorrendben a következő csoportközéppontot megtaláljuk, minden lépésben eliminálnunk kell az éppen meghatározott csoportközéppont hatását, mivel ezt a pontot általában ugyancsak nagy potenciállal rendelkező pontok veszik körül. Ennek érdekében módosítanunk kell a korábbi potenciálfüggvényt. Ez azt követeli meg, hogy minden pont potenciáljából vonjunk le egy, az éppen meghatározott csoportközépponttól való távolsággal fordítottan arányos értéket, valamint ez az érték legyen arányos az éppen identifikált csoportközéppont potenciáljával. Ennélfogva a lehetséges csoportközéppontok potenciálját kifejező módosított $M^{(j+1)}$ függvényt a következőképpen fejezzük ki:

$$M^{(j+1)}(\mathbf{z}_i) = M^{(j)}(\mathbf{z}_i) - M_j^* \exp(-\beta d(\mathbf{z}_j^*, \mathbf{z}_i)), \quad (11)$$

ahol β egy pozitív konstans, a $\mathbf{z}_j^*$ pedig a j -edik iterációs lépésben meghatározott csoportközéppontot jelöli. A β paraméter értékét általában $\beta = 4/r_b^2$ -ként adják meg, ahol r_b -t szomszédossági rádiusznak is nevezhetjük. Elkerülendő, hogy két csoportközéppont túl közel kerülhessen egymáshoz, r_b értékét valamivel nagyobbra választjuk r_a -nál. A (Boekhoudt, 1995) szerint jó választás az $r_b = \frac{3}{2}r_a$.

Fontos, hogy mivel $\mathbf{z}_j^*$ volt az előbbieken kiválasztott csoportközéppont és M_j^* a potenciálja, ezért azt kapjuk, hogy $M^{(j+1)}(\mathbf{z}_j^*) = 0$. E korrigált potenciálfüggvényt használjuk fel a következő csoportközéppont megtalálására pontosan azon elv szerint, ahogy azt az eredeti potenciálfüggvényénél tettük.

Az előzőekben vázolt folyamatot iteratívan folytathatjuk, így a teljes algoritmus a következőképpen néz ki:

0. Inicializálás: normálás.
1. Megtalálni $M_j^* = \max_i M^{(j)}(\mathbf{z}_i) = M^{(j)}(\mathbf{z}_j^*)$.
2. Ha $M_j^* < \varepsilon M_1^*$ teljesül, akkor megállítjuk a keresést.
3. Amennyiben az előző feltétel nem teljesül, akkor elfogadjuk $\mathbf{z}_j^*$ -ot csoportközéppontnak.
4. Korrigáljuk az $M^{(j)}(\mathbf{z}_i)$ potenciálfüggvényt:

$$M^{(j+1)}(\mathbf{z}_i) = M^{(j)}(\mathbf{z}_i) - M_j^* \exp(-\beta d(\mathbf{z}_j^*, \mathbf{z}_i)), \quad (12)$$

és vissza 1-re.

Világos, hogy ez az iteratív folyamat véges sok lépésből áll és a 2. lépésben áll le, miután a N_c -edik csoportközéppontot meghatároztuk, melyre igaz az, hogy $\frac{M_{N_c+1}^*}{M_1^*}$

kisebb lesz, mint az előre definiált ε tolerancia.

Az általunk alkalmazott algoritmus a fenn ismertetettől annyiban tér el, hogy pontosabban figyelembe veszi a csoportközéppontok közötti távolságot. Az eredeti algoritmusban ez a szándék abban jutott kifejezésre, hogy a potenciálfüggvényt módosítottuk minden iterációs lépésben úgy, hogy két csoportközéppont ne kerülhessen túl közel egymáshoz. Ezen felül az általunk alkalmazott algoritmus az a , r_b/r_a és ε paramétereken túl egy harmadikat is bevezet, jelöljük ezt δ -val. Míg az ε -t elfogadhatósági aránynak nevezhetjük, addig δ -t elutasítási aránynak. A módosított algoritmus úgy fog működni, hogy amennyiben az $M_j^* \geq \varepsilon M_1^*$ fennáll, akkor az adott $\mathbf{z}_j$ pontot fenntartások nélkül elfogadjuk csoportközéppontnak, majd folytatjuk az algoritmust az eredeti lépések szerint. Azonban ha $M_j^* < \varepsilon M_1^*$, de $M_j^* \geq \delta M_1^*$, akkor további vizsgálatokat végzünk. Megkeressük az éppen vizsgált $\mathbf{z}_j$ ponthoz euklideszi értelemben vett legközelebbi már meglevő csoportközéppontot, jelöljük ezt $\mathbf{z}_k^*$ -gal, majd a következő távolságtényezőt számoljuk:

$$dist = \frac{d(\mathbf{z}_j^*, \mathbf{z}_k^*)}{r_a}. \quad (13)$$

Ezután a következő kritériumot vizsgáljuk:

$$\frac{M_j^*}{M_1^*} + dist \geq 1. \quad (14)$$

Amennyiben ez a feltétel teljesül, akkor elfogadjuk a vizsgált pontot csoportközéppontként, mivel elegendően távol van a legközelebbi, már meglevő csoportközépponttól is. Ezt követően a potenciálfüggvényt az eredeti módon módosítjuk. Amennyiben ez a kritérium sem teljesül, akkor a pontot nem fogadjuk el csoportközéppontnak, mivel egy, már meglevő csoportközéppont vonzáskörzetébe tartozik. Ekkor a potenciálfüggvényt úgy módosítjuk, hogy minden pont megtartja az eredeti potenciálját, csak az ebben a ciklusban elutasított pont potenciálját változtatjuk meg, nullával tesszük egyenlővé, hiszen vizsgálataink szerint ez már nem lehet csoportközéppont: $M^{(j+1)}(\mathbf{z}_i) = M^{(j)}(\mathbf{z}_i)$, $i=1, \dots, N_z$ kivéve $M^{(j+1)}(\mathbf{z}_i) = 0$. Az algoritmus akkor áll le, ha az aktuális lépésben a legnagyobb potenciállal rendelkező $\mathbf{z}_j^*$ pont már a $M_j^* \geq \delta M_1^*$ feltételt sem tudja teljesíteni.

A csoportközéppontokat és az r_a értékét a tagsági függvény karakterisztikájának első becsléseként is használhatjuk valamilyen finomhangolás kiindulási lépésében (Boekhoudt, 1995), ha modell-identifikáció a célunk.

Információs kritériumok: a változók transzformálása

Az előző fejezet mutatta be, hogy egy adott egységet minősítő változókat hogyan lehet csoportosítani. Az egész dolgozat gondolatának zártta tételéhez már csak azokat a módszereket kell ismertetni, melyek a vizsgálandó pontot a környezetével együtt kezelik, tehát a megfigyelt értéken túl figyelembe veszik az állapotváltozó környezetét is. Erre egy jó eszköz, ha az adatpont helyett a pontot és a környezetét is jellemző változókat vizsgáljuk. Azt a tartományt, melyet figyelembe veszünk egy-egy pont értékelésénél, nevezzük ablaknak. Az ablak mérete, hosszúsága is fontos jellemző, hiszen ha egységnyi hosszúságú, tehát csak az eredeti adatpontot tartalmazza, akkor tökéletesen homogénnek

tekinthető, tehát nem nyújt semmi plusz információt. Ha túl nagy, akkor az növeli a számítási igényt, illetve az adatsor túl hosszú szakaszát sűríti magába, mely információvesztéshez vezethet.

Az ablakban levő változók többfajta jellemzőjét is felhasználhatjuk a pont jellemzésére. Az idősorok hasonló tendenciájú (stagnáló, emelkedő, rohamosan emelkedő ...) részei más-más állapotváltozó-értékeknél is előfordulhatnak, így alapvető fontosságú az ablak átlagának figyelembevétele, mely az i -edik változóra N_W méretű ablakkal a következőképpen néz ki:

$$mean_{ki} = \frac{\sum_{j=k}^{k+N_W} x_{ji}}{N_W} . \quad (15)$$

Fontos információt hordoz az átlagtól való eltérés mértéke is, melyet az ablakban levő változók szórásaként vehetünk figyelembe:

$$std_{ki} = \sqrt{\frac{\sum_{j=k}^{k+N_W} (x_{ji} - mean_{ji})^2}{N_W}} . \quad (16)$$

A szóráson kívül az ablak jellegéről további információkat hordoz a trendnek nevezett mennyiség is, mely két különböző időállandójú exponenciális szűrő által nyújtott eredmény különbségeként formulázható, és zárt alakban a következőképpen néz ki (Gertler, 1988):

$$trend_{ki} = (1-a_2) \sum_{j=k-N_W}^k a_2^{j-k} x_{(k-j)i} - (1-a_1) \sum_{j=k-N_W}^k a_1^{j-k} x_{(k-j)i} . \quad (17)$$

Ennek a mennyiségnek két paramétere van: a két exponenciális szűrő időállandója. A következő formulák az általunk vizsgált esetekben jól működtek:

$$a_1 = \frac{N_W - 1}{N_W + 1} , \quad (18)$$

$$a_2 = \frac{2N_W - 1}{2N_W + 1} . \quad (19)$$

Egy következő lehetőség az úgynevezett polinomiális indikátorok felhasználása. Ennek lényege, hogy az ablakban levő idősorra polinomot illesztünk, majd a polinom paramétereit használjuk az ablak jellemzésére. Hasonló ötletre épít (Stephanopoulos, 1995) az esemény-szemléletmódnak nevezett módszer, mely hét primitív epizódot különböztet meg. Ezek a függvény előjeléből, valamint első és második deriváltjából állnak. Ez annyit jelent, hogy a primitív epizódok információt hordoznak arról, hogy a függvény pozitív vagy negatív-e, csökken, nő, nem változik, illetve az alakjáról, konvexitásáról. Ezek az első és/vagy a második deriváltjukban különböznek egymástól, így a kitüntetett pontok közöttük helyezkednek el. Ezek az információk elégségesek a mi esetünkben is, ezért az illesztett polinom rendjét kettőnek választottuk. Mivel az ablak átlagát már figyelembe vettük, ezért a polinomban szereplő konstans tagot a csoportosításnál nem vesszük figyelembe. Meg kell jegyezni, hogy az eredeti módszer zajjal terhelt adatok esetén gyengén teljesít, másrészt a mi idősorunkat akkor tudnánk primitív szakaszokra felbontani, ha az ablak méretét automatikusan határoznánk meg. Nem így dolgozunk ugyan, azonban az illesztett polinomok paramétereit használható információforrásnak tűnnek.

A szegmentálás során a csoportosítási algoritmus paramétereit és az ablak mérete természetesen azonos volt az összehasonlíthatóság végett. Az átlag és a szórás alapján való szegmentálás viszonylag kevés szakaszra bontotta az idősorokat (5 csoport és 9 szakasz, 1. ábra), ezt a számot a trend figyelembevétele sem tudta jelentősen módosítani (8 csoport és 13 szakasz, 2. ábra). Az átlag és a szórás mellett a polinomiális indikátorok figyelembevétele azonban jelentős hatást gyakorolt a csoportok (12) és a szakaszok számára (20) is (3. ábra). Ezt az információtöbbletet ezeken kívül a trend számításbavétele sem tudta növelni: a négy indikátor esetén az algoritmus 13 csoportot és 22 szakaszt talált (4. ábra). Ezek alapján azt a következtetést vonhatjuk le, hogy az átlag és a szórás mellett érdemes figyelembe venni a polinomiális indikátorokat is, de ezeken kívül a trenddel való kiegészítés már feleslegesnek tűnik.

Az 1., 2. ábra az indikátorok hatását, információtartalmát szemlélteti a TVK Rt. polietilént előállító reaktorán mért öt állapotváltozó adatai alapján. (Az egyes változók értékei titkosak, ezért a diagramokon a minimális értéket 0-val, a maximálisat 1-gyel jelöltük.)

1. ábra

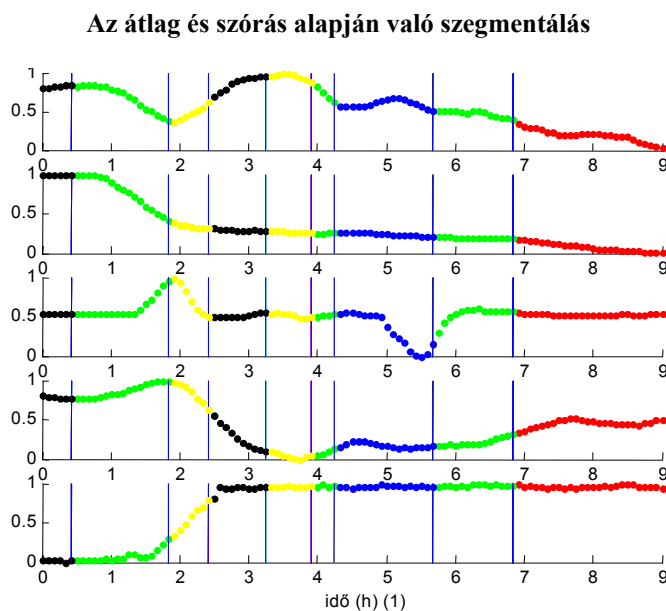


Figure 1: The results of the segmentation based on the mean and the standard deviation

Time (hour)(1)

A szegmentálás során a csoportosítási algoritmus paramétereit és az ablak mérete természetesen azonos volt az összehasonlíthatóság miatt. Az információk kritériumok vizsgálata során arra a következtetésre jutottunk, hogy az átlag és a szórás mellett érdemes figyelembe venni a polinomiális indikátorokat is, de ezeken kívül a trenddel való kiegészítés már feleslegesnek tűnik.

2. ábra

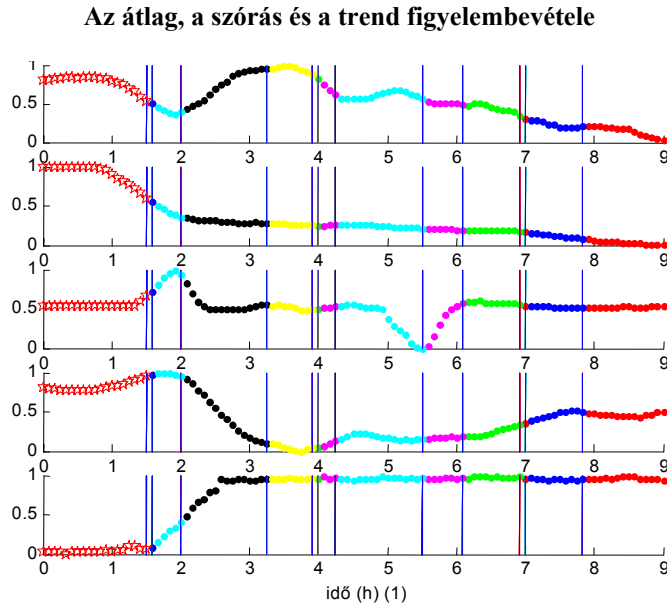


Figure 2: The segmentation based on the mean, the standard deviation and the trend

Time (hour)(1)

ESETTANULMÁNY

A technológia bemutatása

A TVK Rt.-nél a közepes-, illetve nagysűrűségű polietilént (MDPE, HDPE) a Phillips Petroleum Co. folyamatos zagyfázisú polimerizációs technológiája alapján állítják elő (Kalafszki, 1999; Brandrup, 1975; Redman, 1991). A reakció 40-42 bar nyomáson, 85-110°C-on játszódik le egy hurokreaktorban (Ayres, 1986; Meketta, 1992). A különböző termékekhez használt krómtartalmú, vagy fémorganikus titán-magnézium tartalmú katalizátort termikus aktiválás után az izobután oldószerben szuszpendáltatva vezetik a reaktorba. Az etilén, a komonomernek használt hexén, a hidrogén és az izobután a katalizátormérgektől való tisztítás után kerül a reaktorba.

Mivel a HDPE olvadáspontja 135°C körül van, a polimer szilárd fázisban keletkezik. A zagy folyamatos cirkulációját a reaktorba beépített zagykeringető szivattyú biztosítja. A hurokreaktor négy hosszú, egy méter átmérőjű függőleges csőszakaszból áll, melyeket rövid (5 m) vízszintes szakaszok kötnek össze. A cirkuláció gyors, 10-12 m/s sebességű azért, hogy a zagy falra való kiülepedését és ezzel a reaktor bedugulását megakadályozzák. Az inert oldószer a hő disszipálására szolgál, mivel a reakció nagyban exoterm. A reaktor hőmérsékletének pontos beállítását köpenyoldali hűtéssel, illetve fűtéssel szabályozzák. A polimer koncentráció a zagyban 25-35 tömeg%, a termék kinyerésére szolgáló ülepítő lábakban 60-70 tömeg% körüli. Az oldószert flash tartályban választják el a polimerterméktől, a desztillációval visszanyert tiszta izobutánt és hexént visszavezetik a reaktorba. A polietilénport szárítás után pneumatikus úton portároló silókba szállítják, majd extrudálják.

3. ábra

A polimerizációs technológia sémája

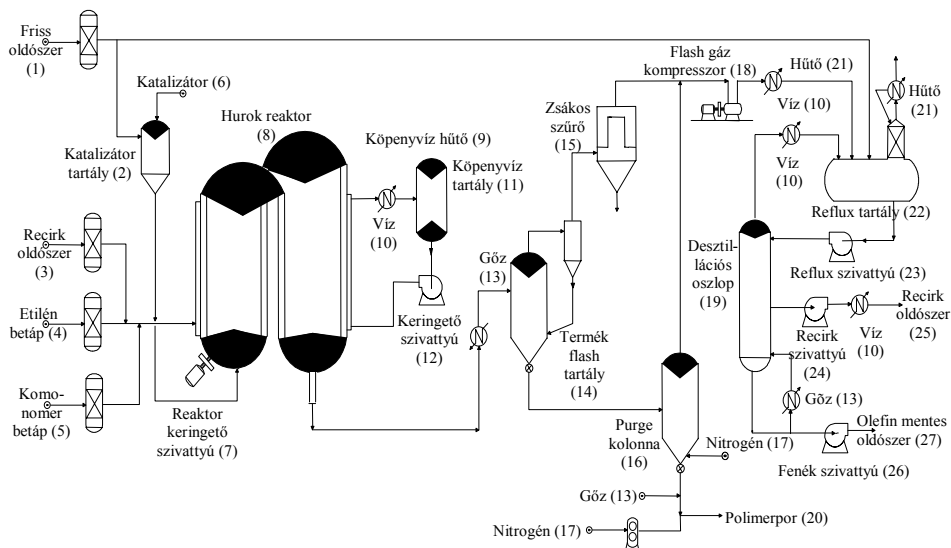


Figure 3: Scheme of the Phillips loop reactor process

Fresh solvent(1), Catalyst tank(2), Recycling solvent(3), Ethylene feed(4), Comonomer feed(5), Catalyst(6), Reactor circulating pump(7), Loop reactor(8), Jacket water cooler(9), Water(10), Jacket water tank(11), Circulating pump(12), Steam(13), Product flash tank(14), Bag filter(15), Purge column(16), Nitrogen(17), Flash gas compressor(18), Distillation column(19), Polymer powder(20), Cooler(21), Reflux tank(22), Reflux pump(23), Recycling pump(24), Recycling solvent(25), Bottom pump(26), Olefin free solvent(27)

A hidrogén a termékek molekulatömegének, a hexén komonomer a sűrűségének szabályozását biztosítja. A HDPE átlagos molekulatömegét a katalizátoraktiválás hőmérséklete szabja meg. Az etilén konverziója igen nagy (95-98%), ezért nincs szükség az etilén visszanyerésre.

A polymer termékeket a sűrűséggel és a folyásindexszel lehet jellemezni. A dolgozatban a folyásindexek (Melt Index - MI) értékeit használtuk fel a termékminőség jellemzésére, melyet kétóránként az üzemhez tartozó laboratóriumban mérnek. Annak érdekében, hogy a reaktor állapotát jellemző változókhoz tartozó MI-mérések értékeit válogassuk ki, figyelembe kell venni a reaktor után elhelyezkedő egységeket és a hozzájuk tartozó átlagos tartózkodási időket is. A folyásindexet háromféle súllyal méri attól függően, hogy az előállított termék milyen tulajdonságú (MFI, MLMI, HLMI). A továbbiakban csak egyfajta súllyal mért folyásindexet használhatunk fel, mivel ezek az értékek nem összehasonlíthatók, és annak érdekében, hogy megfelelő számú adat álljon rendelkezésünkre, azokat az MI-méréseket választottuk ki, melyekből a legtöbbet mérték (MFI). (Kézenfekvő megoldás lett volna, ha a különböző súllyal mért MI-értékeket át tudjuk számolni egy adott súlyra, azonban megfelelő pontosságú összefüggés nem áll a

rendelkezésünkre, melyet a laboreredmények is alátámasztanak.) A rendelkezésünkre álló adatbázisban 120 gyártás adatsora található meg, melyekből 10 állapotváltozó időbeli értékeinek alakulását használtuk fel a további vizsgálatokhoz. A változók között vannak mért, illetve a folyamatirányító számítógép által számított adatok is. A folyamatirányító rendszer 15 sec-os mintavételezési idővel dolgozik. A vizsgált változók a következők: a folyamatirányító rendszer által számított etilén-, hexén- és hidrogénkoncentráció, a zagysűrűség, a reaktorban uralkodó hőmérséklet, a polietilén-elvétel, a hexén-, az etilén-, a hidrogén- és az összes olefin-mentesített izobután-betáplálás.

A szegmentálás bemutatása

A 4. ábra mutatja egy adott gyártás tíz állapotváltozójának időbeli változását, illetve a szegmentálás eredményét.

4. ábra

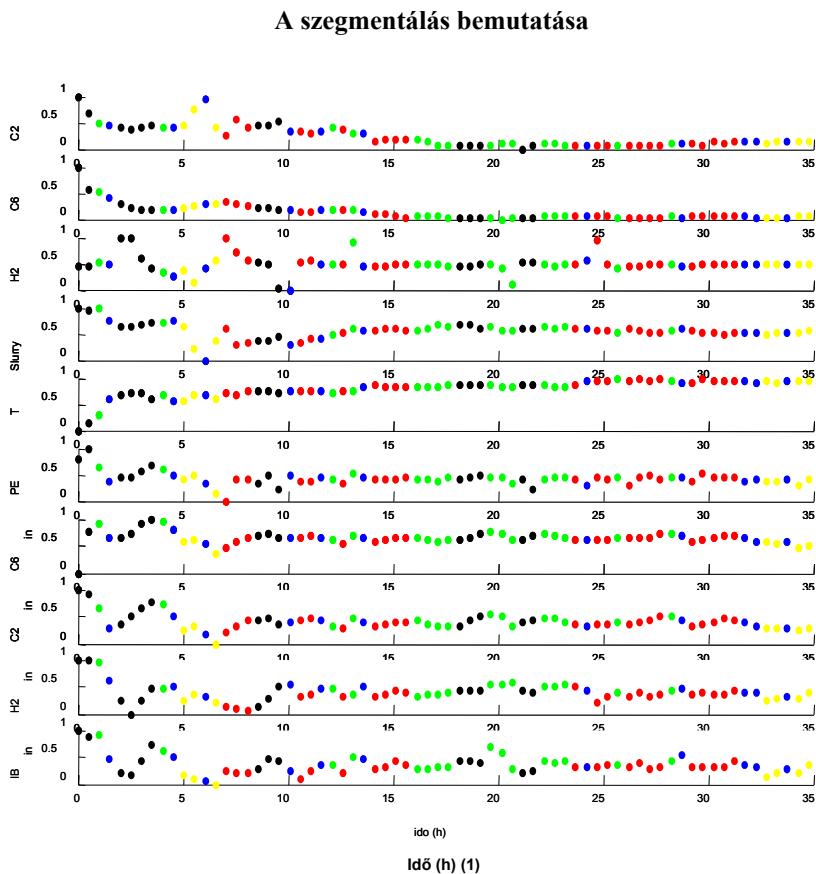


Figure 4: The results of the segmentation

Time (hour)(1)

Megállapíthatjuk, hogy egy gyártás sem tökéletesen homogén, hanem szakaszokra osztható, szegmentálható. Mivel a reaktor folyamatos üzemű, ezért egy adott termék gyártásánál az üzemeltetők arra törekednek, hogy olyan állandósult állapotot tartsanak, amely a gyártáshoz a leginkább megfelelő, azonban láthatóan dinamikus szegmenseket is találunk. Ennek oka zavarásokban (pl.: katalizátortartályok közötti váltás), szabályozási pontatlanságokban és egy termékről más termékre való átállásban keresendő. Az algoritmus 5 csoportot és 38 szakaszt talált. A szakaszok száma azért ilyen nagy, mert – a diagramról is láthatóan – viszonylag dinamikus változásoknál már az egymást követő adatpontok is más-más csoportba tartoznak. A dinamikus elemek elemzése is fontos információt nyújthat a reaktorban zajló folyamatokról (pl.: termék átállási stratégiák elemzése és fejlesztése). A szegmens stacioner vagy átmeneti, változó voltáról, dinamikus jellegéről a szakasz szórása informál. Minél dinamikusabb az adott szegmens, annál nagyobb a szórása. Annak érdekében, hogy a szegmenst egy szórással jellemezzük és ne annyival, ahány állapotváltozónk van, összehasonlíthatóvá kellett tennünk a különböző változók szórásait. Ennek érdekében az adott változó szórását a csoportátlaggal osztottuk el, majd ezeket az értékeket átlagoltuk. A 5. ábra az adatbázisban található összes, megfelelő MI-mérésekkel rendelkező gyártások szegmentálását foglalja össze: a szegmensek szórásainak gyakoriságát, eloszlását ábrázolja.

5. ábra

A szegmensek szórásainak eloszlása

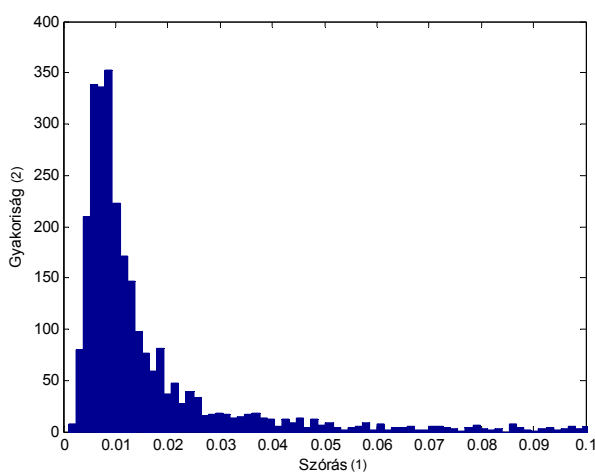


Figure 5: The distribution of the standard deviation of the segments

Standard deviation(1), Rate of occurrence(2)

A szórások gyakoriságát vizsgálva megállapítható, hogy dinamikus, nagy szórással rendelkező szakaszok viszonylag ritkán fordulnak elő. Ennek oka az, hogy ezek elsősorban a termékek közötti váltásokhoz kapcsolódnak, és a váltások (néhány órá) időtartama a gyártások (több napos) időtartamához viszonyítva kicsi. A fentihez hasonló típusú diagram egy adott gyártás, illetve egy gyártási időszak minősítésére is használható.

Stacioner összefüggések elemzéséhez alkalmas adatok nyérése

A folyamat stacioner modellje alkalmas arra, hogy beállt állapot esetén az állapotváltozók mért, illetve számított értékei alapján becsüljük meg a termékminőséget jellemző változókat (vizsgálatunkban a folyásindexet). A modell alkalmazható arra is, hogy egy kívánt minőségű termék előállításához behatároljuk az üzemeltetési paramétereket. Mivel a modell stacioner, nem alkalmas a termékek közötti váltás és egyéb dinamikus folyamatok modellezésére, azonban a szegmentálási algoritmust – a változásokat tartalmazó szakaszokat felhasználva – a dinamikus modell felállításához is használhatjuk. A stacioner modellhez természetesen összetartozó stacioner értékek gyűjtésére van szükség. A bemutatott algoritmust arra használtuk, hogy a termékminőséget befolyásoló állapotváltozók idősorait szegmentáljuk, majd a megfelelően beállt állapotot tartalmazó szegmenseket jellemző értékeket meghatározzuk. Ezeket az értékeket az állapotváltozók átlagai tartalmazzák, melyeket a szegmentálást követő lépésben kell újraszámolni az előző alfejezetben említett szórással együtt. Elképzelhető, hogy egy adott szegmenshez nem tartozik folyásindex-mérés, mivel az állapotváltozókat 15 sec-onként méri, illetve számolják, míg a folyásindexet kétóránként laboratóriumi körülmények között vizsgálják. A vizsgálathoz azokat a szegmenseket válogattuk ki, melyekhez – a reaktort követő berendezéseken való áthaladási időt is figyelembe véve – tartozik folyásindex-mérés.

A stacioner szegmensek gyűjtésével az a célunk, hogy adekvát stacioner modellt állíthassunk fel. A kiválogatással kapcsolatban azonban két további hatást is mérlegelni kell: pontos adatok gyűjtéséhez csak a legjobban beállt szakaszokat válogathatjuk ki (melyekben a változók értékei csak elhanyagolható mértékben változnak), azonban ezek kis száma miatt a stacioner modell pontossága leromlik, mivel elképzelhető, hogy ezek nem fedik le a teljes működési tartományt, így a modellünk – megfelelő adatok hiánya következtében – „tévedni fog”. Nem szabad tehát túl kevés adattal dolgozni, azonban az adatok számát nem növelhetjük nagymértékben sem, mivel ekkor túl sok, dinamikus elemet is tartalmazó, nagyobb szórással rendelkező szakasz adatait is fel kellene használnunk, melyek értelemszerűen kevésbé alkalmasak stacioner modell felállításához. Az előzők alapján fontos megfelelő küszöbértéket alkalmazni, melynél kisebb szórású szegmenseket felhasználunk a modell felállítása során, a nagyobbakat pedig elhagyjuk. Ezen megfontolások alapján a küszöbérték függvényében minimumot várunk a modellhibára.

A küszöbérték kiválasztása a modell jóságán, azaz a modell hibán kell, hogy alapuljon. A bemutatott szegmentálási eszköz nem korlátozza a lehetséges modellek halmazát. Illusztrációként a dolgozatban e modell-identifikáció céljára az alkalmazott fuzzy csoportosításhoz hasonlóan szintén egy számítási intelligencián alapuló eszközt használtunk fel.

A számtalan lehetséges modell közül (Pal, 1999) az önszervező háló (Self-Organizing Map, SOM) sokféle célra is rendkívül jól használható. A SOM algoritmus alkalmas arra, hogy sokdimenziós adatokat kétdimenziós, neuronokból álló hálóra képezzen le úgy, hogy az adatpontok közötti relatív távolság megmaradjon. A háló közelíti az adatok sűrűségfüggvényét, így ez az eszköz csoportosításra is felhasználható (Kohonen, 1990). Megvan a képessége az általánosításra is, azaz a hálózat interpolálni tud a bemenetek között. Mivel a SOM egy speciális csoportosítási eszköz, mely az adatok eloszlásának kompakt reprezentációját is képes nyújtani, ezért széles körben használatos sokdimenziós adatok vizualizációjára is (Kohonen, 1990). A SOM elősegíti a folyamatok vizualizáción alapuló megértését, így különböző változók és ezek kapcsolatai is szimultán vizsgálhatók. Például Kassalin a SOM algoritmust egy

transzformátor állapotának monitorozására használta, mely jelezte, ha a folyamat nem kívánt állapotba került, mely a térkép ismeretlen területének felelt meg (Kassalin, 1992). Tryba és Goser, 1991 egy desztillációs folyamat vizsgálatához használta a SOM algoritmust és ezzel is bizonyította az eszköz vegyiparban való használhatóságát. Alander, 1991 és Harris, 1993 a SOM algoritmust hibadetektálásra alkalmazta. Mivel a modellt normál állapotokhoz tartozó mérési vektorokkal alkották meg, ezért egy hibás állapotot a kvantálási hiba (a bemeneti vektor és a legjobban illeszkedő egység közötti távolság) megfigyelésén keresztül lehetett detektálni, mivel a nagy mértékű hiba jelezte azt, hogy a folyamat a normál működési tartományt elhagyta. A SOM algoritmus regresszióra is felhasználható, amelyben a háló részei a tér lokális lineáris modelljét adják meg. Ezt a partíciót a neuronok Voronoi-diagramja juttatja érvényre. A Voronoi-diagram ilyen irányú alkalmazását idősorok predikciójára már felhasználták (Principe, 1998).

Az általunk vizsgált esetben a SOM algoritmus nemlineáris regresszióra való alkalmasságát használtuk ki. A küszöbérték függvényében felhasznált adatokkal identifikált modell hibájának változását az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat

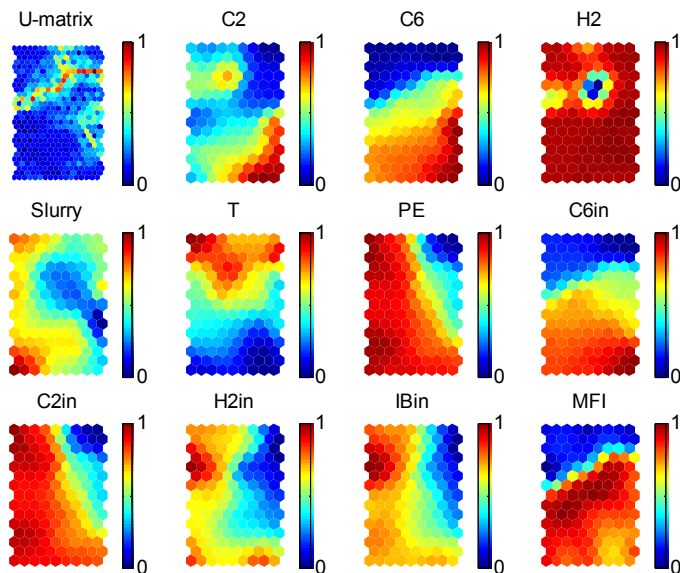
A küszöbérték kiválasztása

Maximális szórás (1)	Figyelembe vett adatok aránya (2)	Kvantálási hiba (3)	Topográfiai hiba (4)	Lineáris modell hibája (5)	Nemlineáris modell hibája (6)
0.1	0.9653	0.1344	0.0185	0.0552	0.0537
0.06	0.9537	0.1340	0.0463	0.0542	0.0538
0.03	0.9012	0.1318	0.0175	0.0503	0.0505
0.02	0.8391	0.1296	0.0238	0.0490	0.0489
0.015	0.7424	0.1346	0.0127	0.0479	0.0471
0.01	0.5563	0.1579	0.0321	0.0839	0.0797
0.0075	0.3302	0.2066	0.0032	0.0851	0.0846

Table 1: The selection of the threshold value

Maximal deviation(1), Rate of the considered data(2), Quantization error(3), Topology error(4), Error of the linear mode(5), Error of the non-linear mode(6)

Az optimális küszöbérték esetén az adatokat a 8. ábrán látható módon jeleníthetjük meg. Az ábrán látható térképek hatszögletű elemekből épülnek fel, melyek mindegyike egy-egy csoportnak, működési pontnak felel meg. A színek érzékeltek azt, hogy az adott tartományban milyen az állapotváltozó nagysága. Ezek alapján viszonylag egyszerűen, akár vizuális módon is találhatunk összefüggéseket a változók között. Könnyen észrevehető, hogy a polietilén-termelési sebesség és az etilén-betáplálás nagysága (érthető okokból eredően) nagyban összefüggenek, térképük szinte azonos. Hasonló következtetéseket vonhatunk le a komonomer hexén-betáplálás és a reaktorban uralkodó hexén-koncentráció esetén is. A termékminőséget jellemző MI-t több tényező is befolyásolja (az operátorok tapasztalatai alapján elsősorban a hőmérséklet és az etilén-koncentráció).

6. ábra**Az állapotváltozók térképe***Figure 6: Component planes of the polyethylene production map*

Összefoglalva, a vegyipari technológiákban a gyorsabb és megbízhatóbb számítógépes rendszerek megjelenésének hatására, a technológia fejlesztés és termelési költség csökkentés érdekében, lehetőség nyílik kifinomult szabályozási stratégiák véghezvitelére, szimulációra és optimalizációra. Ezen eszközök kialakításához fontos, hogy a tárolt hatalmas adathalmazból megfelelő információkat tudjunk szerezni, amely mind a folyamat modellezésében, jobb megértésében, mind – akár a modellen keresztül – a folyamat irányításában is hasznos lehet.

E komplex kérdéskörön belül a cikk egy, az ipari technológiák állandósult üzemeltetéséhez tartozó állapotváltozók közti kapcsolatok elemzéséhez elengedhetetlenül szükséges eszköz fejlesztésével foglalkozott, mely sok párhuzamos idősor szimultán módon történő szegmentálásán alapul.

Az irodalomban fellelhető szegmentálási algoritmusok nagyban különböznek attól függően, hogy milyen célt szolgálnak. Az ismertetésre került eszköz elsődleges célja az idősorok megfelelően beállt szakaszainak megkeresése volt. A szegmentálás során fuzzy csoportosítási algoritmust alkalmaztunk, mely a csoportok számát automatikusan határozza meg, és zajjal szemben nem érzékeny, valamint megfelelően robusztus.

Az algoritmus működését a TVK Rt. által rendelkezésünkre bocsátott valós ipari adatok elemzésén mutattuk be. Az eredmények rendkívül jól illusztrálják, hogy a termelés során keletkező adatokból miképpen rekonstruálhatók az üzemeltetés különböző szakaszai, illetve azt, hogy az állapotváltozók összefüggésének elemzésére alkalmas modellek identifikációját mennyire befolyásolja a felhasznált adatok minősége. Mivel a bemutatott szegmentálási algoritmus állandósult üzemeltetési tartományok

feltárására is alkalmazható, a létrehozott eszköz alkalmas a termelés során keletkező adatok közül e szempontból a relevánsak kiválasztására.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők ezúton szeretnék kifejezni köszönetüket a Vegyészmérnöki Intézet Koordinációs Kutatási Központjának (KKK-II.-1A project), az Oktatási Minisztériumnak (FKFP-0073/2001), és az OTKA-nak (No. T037600) a támogatásért. Dr. Abonyi János munkáját a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János Kutatói Ösztöndíja is támogatta. Köszönet illeti ipari partnerünket a TVK Rt.-t, különösen Németh Miklós, Bálint Lóránt és dr. Nagy Gábor Urakat.

IRODALOM

- Abonyi J., Feil B., Szeifert, F. (2002). 7th Online World Conference on Soft Computing in Industrial Applications. Determining the Model Order of Nonlinear Input – Output System by Fuzzy Clustering, (<http://wsc7.ugr.es>)
- Abonyi J., Babuska, R., Feil, B. (2003). Structure Selection for Nonlinear Input–Output Models Based on Fuzzy Cluster Analysis. The IEEE International Conference on Fuzzy Systems, St. Louis, MO, USA.
- Alander, J.T., Frisk, M., Holmstöm, L., Hämäläinen, A., Tuominen, J. (1991). Process error detection using self-organizing feature maps, In Artificial Neural Networks, II., 1229-1232. North-Holland.
- Ayres C.A. (1986). Loop reactor setting leg system for preparation..., US 4. 613. 484.
- Baldwin, J.F., Martin T.P., Rossiter, J.M. (1998.) Time Series Modelling and Prediction using Fuzzy Trend Information. Proceedings of Fifth International Conference on Soft Computing and Information/Intelligent Systems, 499-502.
- Brandrup, J., Immergut, E.H. (1975). Polymer Handbook (Second edition) John Wiley & Sons Inc. Canada.
- Doymaz, F., Chen, J., Romagnoli, J.A., Palayoglu, A. (2001). A Robust Strategy for Real-Time Process Monitoring. Journal of Process Control, 11. 343-359.
- Feil, B. (2001). Nemlineáris bemenet-kimenet modellek rendűségének meghatározása csoportosítási algoritmus segítségével. Veszprémi Egyetem, Intézményi TDK.
- Fujiwara T., and Nishitani, H. (1994). Abstraction of Operating Data on the Episode Map. Proceedings of the 1st Asian Control Conference (ASCC94), 725-728.
- Gertler, J. (1988). Survey of Model-Based Failure Detection and Isolation in Complex Plants, IEEE Control Systems Magazine, December.
- Goser, T.K. (1991). Self - Organizing Feature maps for process control in chemistry. In Artificial Neural Networks, 847-852. North-Holland.
- Goutte, C., Toft, P., Rostup, E., Nielsen F.Å., Hansen, L.K. (1998). On Clustering fMRI Time Series, NeuroImage, 3. 298-310.
- Harris, T., Kohonen, T. (1993). SOM based machine health monitoring systems which enables diagnosis of faults not seen in the training set. In Proc. of the Int. Conf. On Neural Networks (IJCNN'93), Nagoya, Japan, I., 947-950.
- Huang, S-H., Qian, S-H., Shao, H-H. (1995). Human-Machine Cooperative Control for Ethylene Production, Artificial Intelligence in Engineering, 9. 203-209.
- Kalafszki, L., Budai, G. (1999). A polietilén II., Magyar Kémikusok Lapja, 2. 70-81.
- Kassalin, M., Kangas, J., Simula, O. (1992). Process state monitoring using self-organizing maps, In Artificial Neural Networks, II., 1531-1534. North-Holland.

- Keogh, E., Chu, S., Hart D., Pazzani, M. (2001). An Online Algorithm for Segmenting Time Series, IEEE International Conference on Data Mining.
- Kivikunnas, S. (1998). Overview of Process Trend Analysis Methods and Applications. ERUDIT Workshop on Applications in Pulp and Paper Industry. (<http://www.erudit.de/erudit/events/tc-a/erudit-tca-2-Kivikunnas-13050.pdf>)
- Kohonen, T. (1990). The Self-Organizing Map, Proceedings of the IEEE, 78. 1464-1480.
- Kosanovich K.A., and Piosovo, M.J. (1997). A Dynamical Supervisor Strategy for Multi-Product Processes, Computers & Chemical Engineering, 21. 149-154.
- Lakshminarayanan, S., Fujii, H., Grosman, B., Dassau, E., Lewin, D.R. (2000). New product design via analysis of historical databases. Computers and Chemical Engineering, 24. 671-676.
- Lane, S., Martin, E.B., Kooijmans, R., Morris, A.J. (2001). Performance Monitoring of a Multi-Product Semi-batch Process. Journal of Process Control, 11. 1-11.
- Last, M., Klein Y., Kandel, A. (2000). Knowledge Discovery in Time Series Databases, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B, 1. 160-169.
- Lindheim C., and Kristian Lien, M. (1997). Operator Support Systems for New Kinds of Process Operation Work. Computers & Chemical Engineering, 21. S113-S118.
- MacGregor, J.F., and Kourti, T. (1995). Statistical process control of multivariate processes. Control Eng. Practice, 3. 403-414.
- Meketta, J.J., (1992). Encyclopedia of Chemical Processing & Design, Marcel Delker Inc., New York.
- Mishitani, H. (1996). Human-Computer Interaction in the New Process Technology. Journal of Process Control, 6. 111-117.
- Pal, N.R. (1999). Soft computing for feature analysis, Fuzzy Sets and Systems, 103. 201-221.
- Principe J.C., Wang L., Motter, M.A. (1998). Local Dynamic Modeling with Self-Organizing Maps and Applications to Nonlinear System Identification and Control. Proceedings of the IEEE, 86. 2241-2258.
- Redman, J. (1991). Polyethylene, The Chemical Engineer, Sep. 26. 26-29.
- Stephanopoulos G., and Han, C. (1995). Intelligent Systems in Process Engineering: A Review, May 11.
- Wang, X.Z. (1999). Data Mining and Knowledge Discovery for Process Monitoring and Control, Springer.
- Wong, J.C., McDonald J.C.K., Palazoglu, A. (1998). Classification of process trends based on fuzzified symbolic representation and hidden Markov models, J of Process Control, 8. 395-408.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Abonyi János

Veszprémi Egyetem, Folyamatmérnöki Tanszék

H-8200 Veszprém, Pf. 158.

University of Veszprem, Department of Process Engineering

H-8201 Veszprém, P.O.Box 158.

Tel: +36-88-422-022/4209, Fax :+36-88-429-073

e mail: www.fmt.vein.hu/softcomp, abonyij@fmt.vein.hu



Egy hibrid automata kétrétegű háló modellje

Bánkuti Gy., Csukás B.

Kaposvári Egyetem, Matematika és Informatikai Intézet, Kaposvár, 7400 Guba Sándor u. 40.

ÖSSZEFOGLALÁS

Dolgozatunkban egy háromtermékes szakaszos feldolgozási probléma kétrétegű háló modell alapú szimulációs vizsgálatával foglalkozunk. A feladat és a kétrétegű háló modell, valamint a javasolt fuzzy értékelési mechanizmus részletes ismertetése után bemutatunk néhány reprezentatív szimulációs eredményt. Eredményeink egyeznek az együttműködő partnerünk által a probléma matematikai vizsgálatánál tapasztaltakkal, azaz a megoldások kezdeti tranzien szaksz után periódusossá válnak.

(Kulcsszavak: szimuláció, generikus kétrétegű háló, fuzzy logika, genetikus algoritmus, hibrid automata)

ABSTRACT

Generic bi-layered net model of a hybrid automation

Gy. Bánkuti, B. Csukás

University of Kaposvár, Institute of Mathematics and Information Technology, Kaposvár, H-7400 Guba Sándor u. 40.

This paper describes an actual solution of the Single Switched Server problem, as well as suggests a methodology for a new representation of the hybrid automata. The solution is based on the idea of Direct Computer Mapping and on the new conceptual modeling methodology called Generic, Bi-layered Net (GBN) approach. It is a novel framework for process simulation, as well as an adequate software technology that makes possible the common implementation of the hybrid (discrete & continuous) models. The very simple example for a Switched Server System illustrates how we can describe a "hybrid automaton" with this tool. Actually, the choice between the three possible products is controlled by the fuzzy evaluation functions, associated with the various storage volumes. The results show that the given system evolves into a periodic solution that is in good agreement with the other published approaches.

(Keywords: simulation, generic bi-layered net, fuzzy logic, genetic algorithm, hybrid automation)

BEVEZETÉS

A generikus kétrétegű háló reprezentáción alapuló modellezést sokféle feladat szimulációs leírására alkalmazhatjuk. A közelmúltban született publikációinkban összefoglaltuk a módszer alapjait és felhasználási lehetőségeit Csukás és Bánkuti, 2003 valamint (Bánkuti, 2003). Ezek áttanulmányozása elegendő ismeretet nyújt a jelen dolgozat megértéséhez. A módszer alkalmas mind megmaradási, (fizikai) mind információs feladatok modellezésére, illetve olyan folyamatok leírására is melyekben mindkét típus egyszerre van jelen. Ilyen típusú feladattal foglalkozik dolgozatunk is,

melyben a módszer elvi alapjainak részletezése nélkül egy diszkrét/folytonos, megmaradási/információs feladat szimulációs modellezését kívánjuk bemutatni.

PÉLDA ÉS MÓDSZER

Feladatunk egy egyszerű többtermékes szakaszos feldolgozás probléma.

Egy szakaszos gyártási folyamatot megvalósító üzemben egy gép háromtípusú „anyagot” (A,B,C) dolgoz fel, minden anyag egyedi feldolgozásra kerül (1. ábra).

Eredeti példa Perkins és társaitól (1989) származik, melynek hibrid automata reprezentációját matematikai modellel együttműködő partnereink Agarwal és társai (2002) vizsgálták.

1. ábra

Egyszerű többtermékes szakaszos feldolgozás probléma

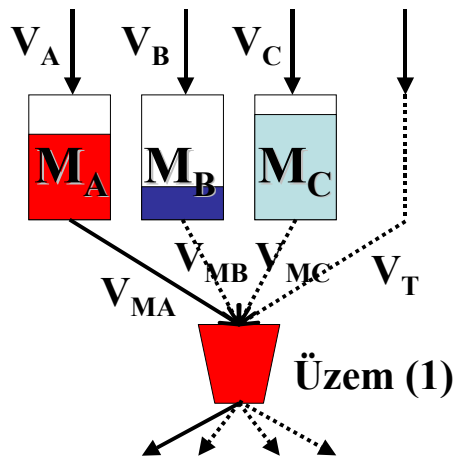


Figure 1: Single Server Switch Problem

Process(1)

A feldolgozás adott, tetszőleges kezdeti mennyiségekkel (M_{A0} , M_{B0} , M_{C0}) indul. Minden anyagnak saját, állandó betáplálási (v_A , v_B , v_C) és feldolgozási (v_{MA} , v_{MB} , v_{MC}) sebessége van. A gép tisztítására egyes feldolgozások után, átállás során a gyártott terméktől függő tisztítási időre (T_{SA} , T_{SB} , T_{SC}) van szükség. A folyamat azon termék gyártásával kezd melynek a mennyisége a legnagyobb – ha ez már egy minimális szintet elér. Ezen termék feldolgozását akkor hagyja abba a rendszer ha ennek szintje a betápláló tartályban egy adott minimális szint alá csökken. Ekkor, az adott termék milyenségétől függő időt igénylő tartálytisztítás után a rendszer ismét választás előtt áll. Szabályunk szerint ismételtlen a legmagasabb szinten lévő tartályból kezdi meg a gyártást. A folyamatos betáplálást a tartálytúlsordulás elkerülése miatt egy automatika leállítja ha a tartály szint meghalad egy adott felső szintet.

Feladatunk egy hibrid (absztrakt/folytonos) automata problémának tekinthető – mivel folytonos függvények által leírt állapotok váltanak át más típusú rendszerekké a folytonos függvények bizonyos értékei esetén.

Dolgozatunkban ezen szakaszosan változó folyamat kétrétegű háló modell alapú szimulációjával foglalkozunk. A példa általunk használt kétrétegű háló reprezentációja a 2. ábrán látható.

2. ábra

Generikus kétrétegű háló reprezentáció

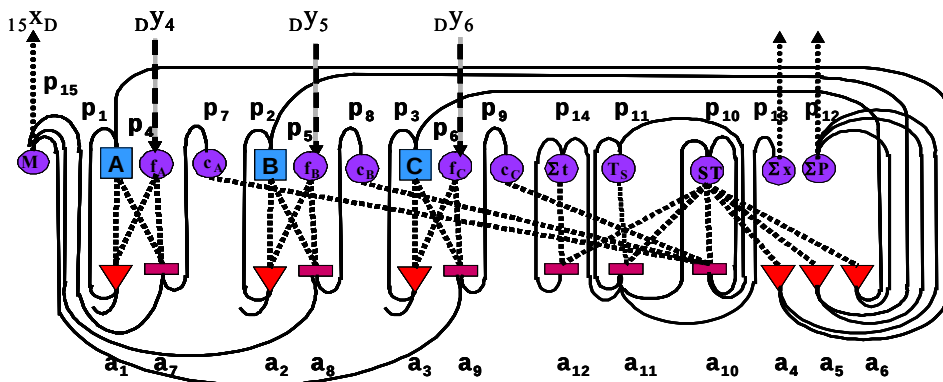


Figure 2: Generic Bi-layered Net Representation

A vizsgált modell passzív elemei a következők:

p_1 =az A jelű anyagot tartalmazó tartály;

p_2 =a B jelű anyagot tartalmazó tartály;

p_3 =a C jelű anyagot tartalmazó tartály;

p_4 =az A jelű anyagot tartalmazó tartály szintjének értékelését meghatározó trapezoidális fuzzy szám ($f(\text{Min}, \text{LN}, \text{LP}, \text{UP}, \text{UN}, \text{Max})$), a felső tervezési (irányítási) szintről módosítható paraméter;

p_5 =a B jelű anyagot tartalmazó tartály szintjének értékelését meghatározó trapezoidális fuzzy szám ($f(\text{Min}, \text{LN}, \text{LP}, \text{UP}, \text{UN}, \text{Max})$), a felső tervezési (irányítási) szintről módosítható paraméter;

p_6 =a C jelű anyagot tartalmazó tartály szintjének értékelését meghatározó trapezoidális fuzzy szám, $f(\text{Min}, \text{LN}, \text{LP}, \text{UP}, \text{UN}, \text{Max})$, a felső tervezési (irányítási) szintről módosítható paraméter; ahol:

Min: a fizikailag lehetséges minimális szint,

LN: az alsó negatív szint,

LP: az alsó pozitív szint,

UP: a felső pozitív szint,

UN: a felső negatív szint,

Max: a fizikailag lehetséges maximális szint.

A trapezoidális fuzzy megítéléseket (kevés, normál, sok) a 3. ábrán ennek látható módon transzformált alakját pedig a 4. ábrán szemléltetjük. Transzformációnk azért hasznos,

mert így egyetlen függvénnyel leírható a megítélés, ezáltal egyszerű nagyságrendi összehasonlítással el tudjuk dönteni mely anyag feldolgozásával folytatódjon a gyártás.

(Min,LP] tartományba jelen szabályzó mechanizmus mellett csak indításkor kerülhet a rendszer – mert folyamatos üzemben a gyártást már e fölött leállítjuk így ennyire nem csökkenhet le a szint. Ennek megfelelően az (LN,LP] tartományba eső megítélés értéknél az adott anyag gyártását megszünteti a rendszer és a státusz tisztításra vált. Az (LP,UP) tartományban megfelelő a szint - ekkor változatlanul folytatódik a betáplálás illetve a gyártás. [UP,UN) tartományokba eső megítélés értéket főként a következő gyártandó anyag kiválasztásához használjuk - de a fentieknek megfelelően erre a megítélő függvény bármely része alkalmas. Amely anyagnál a megítélő függvény a legnagyobb azzal folytatódik a gyártás. Az [UP,Max) tartománybeli értéknél a szabályzó mechanizmus leállítja a betáplálást.

3. ábra

A sok, normál, kevés megítélés fuzzy tagságfüggvényei

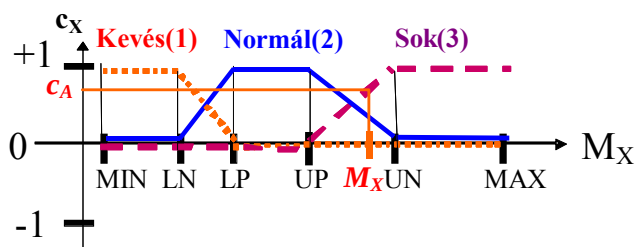


Figure 3: Fuzzy member functions of much, medium and few

Few(1), Medium(2), Much(3)

4. ábra

Transzformált fuzzy megítélő függvény

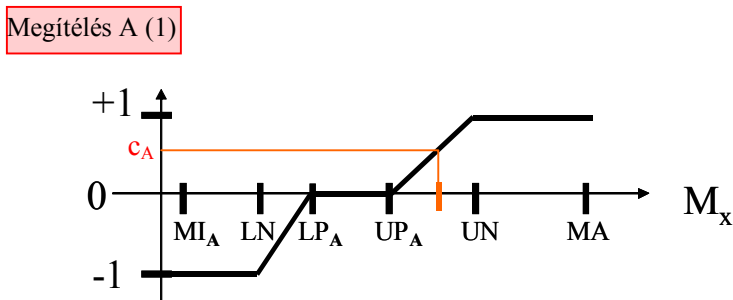


Figure 4: Transformed fuzzy evaluation

Evaluation of A(1)

- P_7 = az A jelű anyagot tartalmazó tartály megítélés értéke c_A ;
 P_8 = a B jelű anyagot tartalmazó tartály megítélés értéke c_B ;
 P_9 = a C jelű anyagot tartalmazó tartály megítélés értéke c_C ;
 P_{10} = a feldolgozó rendszer pillanatnyi státusa;
 P_{11} = az aktuális (soron következő) átállási (tisztítási, setup) idő;
 P_{12} = az előállított termékek teljes mennyisége, a felső tervezési (irányítási) szintre továbbítandó értékelő paraméter (ezt reprezentálja a szaggatott nyíl) ;
 P_{13} = az átállásnál tisztításra felhasznált segédanyag összes mennyisége, a felső tervezési (irányítási) szintre továbbítandó értékelő paraméter;
 P_{14} = a kieső idő összege, egy a felső tervezési (irányítási) szintre továbbítandó lehetséges további értékelő paraméter (pillanatnyilag nem használjuk);
 P_{15} = a nyersanyag tartályok időben kumulálva átlagolt szintje, a felső tervezési (irányítási) szintre továbbítandó értékelő paraméter.

A vizsgált modell aktív elemei a következők:

- a_1 = az A jelű anyagot tartalmazó tartály töltése (az előírt v_A sebességgel);
 a_2 = a B jelű anyagot tartalmazó tartály töltése (előírt v_B sebességgel);
 a_3 = a C jelű anyagot tartalmazó tartály töltése (előírt v_C sebességgel);
 a_4 = az A jelű anyagot tartalmazó tartály üritése (az előírt v_{MA} feldolgozási sebességgel);
 a_5 = a B jelű anyagot tartalmazó tartály üritése (az előírt v_{MB} feldolgozási sebességgel);
 a_6 = a C jelű anyagot tartalmazó tartály üritése (az előírt v_{MC} feldolgozási sebességgel);
 a_7 = az A jelű anyagot tartalmazó tartály minősítése (a pillanatnyi szint összevetése az elvárásokkal, valamint a megfelelő átállási idő közlése);
 a_8 = a B jelű anyagot tartalmazó tartály minősítése (a pillanatnyi szint összevetése az elvárásokkal, valamint a megfelelő átállási idő közlése);
 a_9 = a C jelű anyagot tartalmazó tartály minősítése (a pillanatnyi szint összevetése az elvárásokkal, valamint a megfelelő átállási idő közlése);
 a_{10} = a döntő szabály, amely az egyes tartályok értékelése (és a kapcsolódó átállási idő), valamint a feldolgozás pillanatnyi státusa ismeretében dönt a státusz szükség szerinti módosításáról és az ennek megfelelő átállási időről;
 a_{11} = az átállás végrehajtó szabály, amely szükség szerint elindítja, illetve leállítja az átállást;
 a_{12} = a várakoztató szabály, amely akkor működik és méri az időt, amikor sem feldolgozásra, sem átállásra nincs lehetőség.

EREDMÉNY ÉS ÉRTÉKELÉS

A módszerrel kapott szimulációs eredményeket a 5., 6., 7. ábrán mutatjuk be.

A tartályszintek időbeli változását mutató grafikonon (5. ábra) láthatóan a gyártás minden előre adott kényszerítő feltétel nélkül is rövid indulási szakasz után periódikusan váltakozva folytatódik. Ez megegyezik az együttműködő partnerünk *Agarwal és társai* (2002) által a probléma matematikai leírásánál kapott eredményekkel. Természetesen a periódus nagysága függ a betáplálási és a gyártási sebességektől, ezek arányától. A grafikonon ábrázolt példa az alábbi gyártási paraméterekkel készült. A betáplálási sebességek: $v_A=20$, $v_B=30$, $v_C=40$ [kg/perc], a feldolgozási sebességek: $v_{MA}=70$, $v_{MB}=80$, $v_{MC}=90$ [kg/perc] a tisztítási idők pedig: $T_{SA}=4$, $T_{SB}=3$, $T_{SC}=2$ [perc].

Szimulációs programunk által számított eredményekből a termelt mennyiségek időbeli növekedését is ábrázolhatjuk grafikonon (6. ábra). Ebben a periodicitás ugyan kevésbé jól követhető, de a szakaszos gyártás – tisztítás itt is megfigyelhető.

5. ábra

A tartályszintek időbeli változása

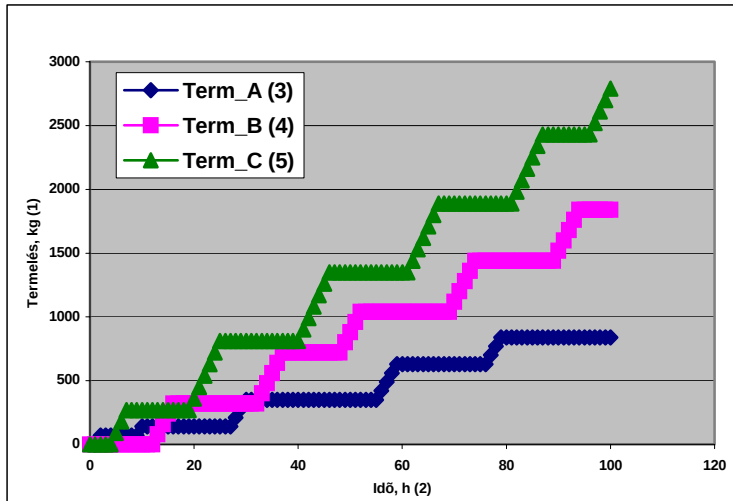


Figure 5: Changes in the storage level

Production (kg)(1), Time (h)(2), Production of A, B, C,(3, 4, 5)

6. ábra

A termelt mennyiségek

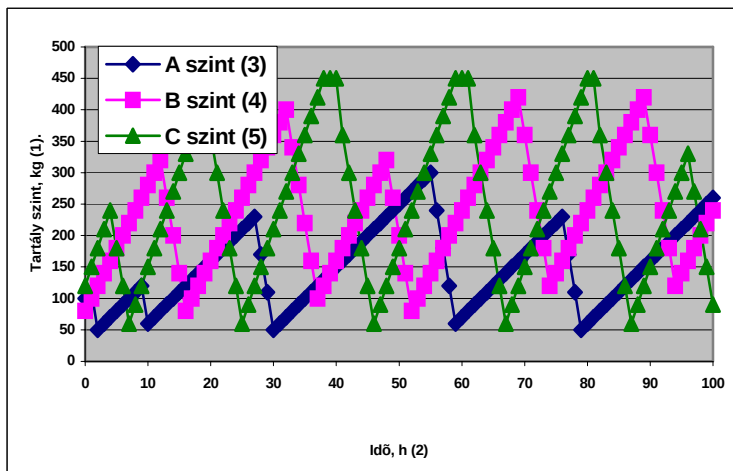


Figure 6: The processed products

Storage level (kg)(1), Time (h)(2), Level of A, B, C(3, 4, 5)

A túl gyakori váltások, rezonancia elkerülése miatt, valamint demonstrálandó, hogy módszerünk alkalmas ezen módszer beépítésére is a tartálysintek megítélését fuzzy értékelésekkel írjuk le.

Az értékelő fuzzy függvényünk időbeli változása nyomon követhető modellünkben (7. ábra). Ezen grafikon és a gyártott mennyiség, valamint a tartálysintek fedésbe hozásával érzékelhető megítélésünk fuzzy jellege, és paramétereit változtatásának hatása.

7. ábra

A fuzzy megítélő függvény időbeli változása

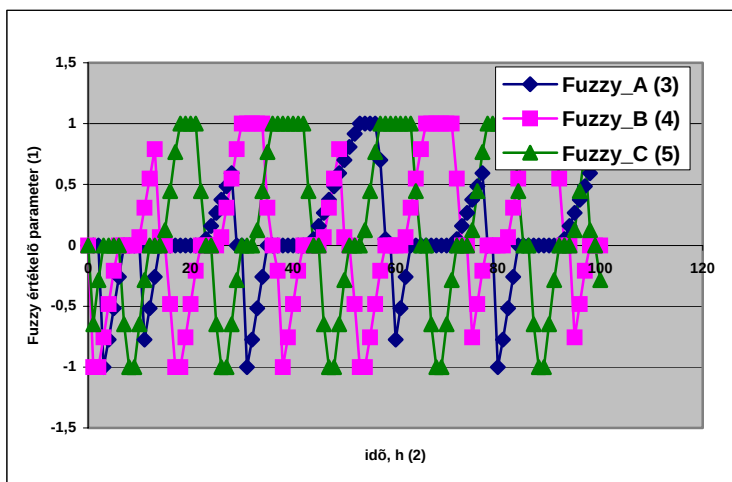


Figure 7: Temporal change of the fuzzy evaluation

Fuzzy evaluation parameter(1), Time (h)(1), Fuzzy evaluation of A, B, C,(3, 4, 5)

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A munka a T 037-297 számú OTKA pályázat támogatásával készült. A szimulációs vizsgálatokban történő közreműködésért köszönet Gudlin György kollégáknak.

IRODALOM

- Csukás, B., Bánkuti, Gy. (2003). Direct Computer Mapping of Process Models. Proceedings, Foundations of Computer Assisted Process Operations, I.E. Grossmann and C. McDonald, eds., AIChE INFORMS, 577-581.
- Bánkuti, Gy. (2003). Generikus kétrétegű háló modell alapú szimuláció. Főiskolák Fizika, Matematika és Számítástechnika Oktatóinak XXI. Országos Tanácskozása. Székesfehérvár, 2003. augusztus 27-29. (www.konferencia.kodolanyi.hu)
- Perkins, R., and Kumar, P.R. (1989). Stable, distributed, real-time scheduling of flexible manufacturing assembly disassembly systems. IEEE Transactions on Automatic Control, 34. 139-148.

Agarwal, A., Ydstie, B.E., Grossmann, I. (2002). Stability, Performance and Control of Switched Systems. Annual Meeting of Center of Computer Aided Process Design, Carnegie Mellon University, Pittsburgh.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Bánkuti Gyöngyi

Kaposvári Egyetem, Matematika és Informatikai Intézet

7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

University of Kaposvár, Institute of Mathematics and Information Technology

H-7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

Tel: 36-82-526-346, Fax: 36-82-526-346

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



Számítógéppel segített folyamatmodellezés

Piglerné Lakner R.

Veszprémi Egyetem, Számítástudomány Alkalmazása Tanszék, Veszprém, 8200 Egyetem u. 10.

ÖSSZEFOGLALÁS

A folyamatmodellek használatának széles körű elterjedése valamint az egyre bonyolultabb modellek alkalmazása miatt a folyamatmodellezés a vegyészmérnöki tevékenység egyik alapvető feladatává vált. Emiatt elengedhetetlenek lettek azok a magas szintű számítógéppel segített modellezési technikák, amelyek a folyamatmodellek számítógéppel segített építésén, karbantartásán és ellenőrzésén túlmenően a modellek dokumentálását is támogatják. A folyamatmodellezés általában nem fejeződik be annak elkészítésével, hiszen a túlságosan részletes vagy egyszerű modellek további egyszerűsítésére, illetve bővítésére, legrosszabb esetben pedig új modell elkészítésére van szükség. Az elkészített modell módosítását az ismert számítógéppel segített modellező eszközök csak kis mértékben vagy egyáltalán nem támogatják, ezért érdekes és kihívó feladat a modell egyszerűsítés, illetve bővítés számítógépes megvalósítása. A cikkben bemutatásra kerül egy modell építő eljárás, amely feltételvezérelt módon működve ellenőrzött és minimális folyamatmodelleket állít elő, egy modell egyszerűsítő eljárás, amellyel az elkészített modell egyszerűbb alakra hozható, valamint egy modellezési feltételezés visszafejtő eljárás, amely ugyanazon rendszer két különböző részletességgel leírt modellje ismeretében a modelleket összekapcsoló lehetséges egyszerűsítő feltételezéseket határozza meg.

(Kulcsszavak: számítógéppel segített folyamatmodellezés, modell egyszerűsítés, modellezési feltételezések visszafejtése)

ABSTRACT

Computer-aided process modelling

R. Pigler-Lakner

Department of Computer Science, University of Veszprém, Veszprém, H-8200 Egyetem u. 10., Hungary

Process modelling is a basic and most important activity in process system engineering. This fact explains that several computer-aided modelling tools have been proposed in the literature for automated model construction, verification, validation, analysis and documentation. Process models generated for a given modelling goal may be over-simplified or over-elaborated for another use, that is why there is usually a need to extend, simplify or generate a new model in the worst case. The known computer-aided modelling tools offer little or no support for the modification of the process models, so the automatic computer-aided model simplification and extension is a challenging task. A systematic computer-aided method is presented in this paper to support the model building process based on a well-defined incremental assumption-driven procedure. The resulted models are in a well-defined form, and they are verified and minimal ensured by construction. In addition, a model simplifying process is proposed which is used for refinement of process models by additional simplifying modelling assumptions. The effect of an assumption on a given model is determined by forward reasoning following all of the implications of the assumption through syntactical and

semantical rules. Finally, an efficient assumption retrieval algorithm is presented to generate assumption sequences leading from one model to another in an automated way.

(Keywords: computer-aided process modelling, model simplification, assumption retrieval)

BEVEZETÉS

A folyamatmodellezés (*Hangos és Cameron, 2001*) a vegyészmérnöki tevékenység egyik alapvető feladata, ami a folyamatmodellek használatának széles körű elterjedésével magyarázható, a folyamatrendszerek tervezésétől és szintézisétől kezdve az irányítási és optimalizálási feladatokig. A széles körű alkalmazás mellett fontos megemlíteni, hogy egy vegyészmérnöki tevékenység (például egy irányítási feladat) megvalósítása során a munka jelentős részét a folyamatmodell megalkotása jelenti. Ennek során a modellező gyakran abba a problémába ütközik, hogy a feladat kisebb-nagyobb módosítása vagy új feladat megfogalmazásakor teljesen új modell elkészítésére kényszerül. Ennek oka, hogy az elkészített modellek az esetek nagy részében még hasonló feladatok esetében sem vihetők át egyik feladatról a másikra a modellek rossz vagy hiányos dokumentáltsága, illetve strukturáltsága miatt.

Ezen kívül a nagyszámú alkalmazás mellett egyre bonyolultabb modellek megalkotására van szükség, emiatt elengedhetetlen a magas szintű számítógéppel segített modellezési technikák (*Marquardt, 1996*) használata. Ezt a folyamatot a számítógépes szoftverek és hardverek rohamos fejlődése is támogatja, aminek köszönhetően a folyamatmodellek automatikus elkészítésére számos számítógéppel segített eszköz készült és készül a folyamatmérnök munkájának megkönnyítésére.

Napjainkban nagyszámú kereskedelmi forgalomban kapható számítógépes modellező rendszer segíti a folyamatmérnököt egy előre definiált egység-modellekből felépített folyamatábra modell elkészítése során. Ezek az eszközök azonban legtöbbször nem támogatják kielégítően a modellezőt új modellek építésénél, tesztelésénél és dokumentálásánál. Emiatt az utóbbi években számos kutatócsoport foglalkozik különböző részletességi szintű modellek számítógéppel támogatott elkészítésével.

A folyamatmodellezés nem mindig fejeződik be egy folyamatmodell elkészítésével, hiszen gyakran az elkészített modell az adott feladat megoldásához vagy túlságosan részletes vagy túlságosan egyszerű. Ekkor a modell egyszerűsítésére, illetve bővítésére, legrosszabb esetben pedig új modell elkészítésére van szükség. Egy elkészített modell módosítását az ismert számítógéppel segített modellező eszközök csak kis mértékben vagy egyáltalán nem támogatják, ezért érdekes és kihívó feladat a modell egyszerűsítés, illetve bővítés számítógépes megvalósítása.

Modellek egyszerűsítésénél, illetve bővítésénél az inkonzisztenciák elkerülése érdekében ismerni kell a modell elkészítése, illetve módosítása során alkalmazott feltételeket. Ezeket a modellezési feltételezéseket (*Hangos és Cameron, 2001*) szerencsés esetben a modell dokumentációja tartalmazza, amely azonban sokszor hiányos vagy egyáltalán nem készül el. Ennek pótlásához modellezési feltételezésvissza-fejtő algoritmusok lennének használhatóak. A modellezési feltételezések visszafejtése inverz típusú mérnöki feladat, amelynek nemcsak megoldása, hanem konkrét kitűzése is nehéz probléma.

FOLYAMATMODELLEK ÉPÍTÉSE

A folyamatmodellek szisztematikus mérnöki módszerrel történő elkészítése egy olyan ún. *feltételezésvezérelt modellezési eljárással* valósítható meg, amelyben a modell a

modellezendő rendszerre megadott modellezési feltételezések sorozatának ismeretében készül el, így ezek a feltételezések meghatározzák magát a modellt.

A folyamatirányítási és diagnosztikai alkalmazások többségében olyan tökéletesen kevert modelleket használnak, amelyek a következő *általános modellezési feltételezésekkel* jellemezhetők:

- tökéletesen kevert rendszerek (ezek közönséges differenciál-algebrai egyenletrendszerrel (DAE) leírható modellek),
- kezdeti érték feladatok,
- a fizikai-kémiai tulajdonságok csak a termodinamikai állapotváltozóktól (hőmérséklet, nyomás, koncentrációk) függnék.

A továbbiakban ezeket az alapvető modellezési feltételezéseket felhasználva bemutatásra kerül egy olyan szisztematikus feltételezésvezérelt modellezési eljárás alapján alapuló számítógéppel segített modellező rendszer, amelyben két fő fázis különböztethető meg:

- a folyamatmodellek egyenleteinek specifikációja, a kezdeti modell elkészítése,
- az elkészített modell finomítása, egyszerűsítése további egyszerűsítő modellezési feltételezések megadásával.

A folyamatmodellek elemei

Egy tökéletesen kevert folyamatrendszer modellje a tömeg, a komponens-tömegek, illetve az energia megmaradását leíró közönséges differenciálegyenletekből származik. Az egyenletrendszer megoldásához további kiegészítő algebrai egyenletek definiálása szükséges, amelyek a modell változói közötti fizikai és kémiai összefüggéseket írják le. Mivel a modell különböző változói, egyenletei, illetve egyenlet tagjai közötti kapcsolatok jól definiált szintaktikai, illetve szemantikai relációkkal adhatók meg, a modellt leíró differenciál-algebrai egyenlet halmaz egy olyan strukturált tudás együttes, amely a következő fő elemekből építhető fel (*Hangos és Cameron, 2001; Lakner et al., 1999; Lakner et al., 2002*):

- *mérlegelési térfogatok*, amelyekre a megmaradási mérlegegyenletek felállíthatóak,
- *modell egyenletek*, amelyek eredetük szerint a következő kategóriákba sorolhatók:
 - *mérlegegyenletek* (differenciális vagy algebrai egyenletek formájában), amelyek a mérlegelési térfogat megmaradó extenzív mennyiségeihez rendelt transzport tagok ismeretében automatikusan elkészíthetők,
 - *transzport mechanizmusokat meghatározó egyenletek* (algebrai egyenletek, amelyekből a mérlegegyenlet tagok meghatározhatók) Mivel egy transzport jelenség az esetek többségében több extenzív mennyiséget is befolyásol, egy transzport tag megadása általában további transzport tag(ok) definiálását indukálhatja,
 - *kiegészítő algebrai egyenletek* (intenzív-extenzív összefüggések, állapotegyenletek, termodinamikai tulajdonság relációk, átadási sebesség összefüggések, reakciókinetikai összefüggések, mérlegelési térfogat megszorítások, berendezési és szabályozási összefüggések),
- *változók*, amelyek a modellben elfoglalt szerepük szerint a következők lehetnek:
 - *megmaradó extenzív mennyiségek* (tömeg, energia, komponens tömegek) minden egyes mérlegelési térfogathoz,
 - *átadási- és reakciósebesség változók*,
 - *termodinamikai állapotváltozók*,
 - *fizikai-kémiai tulajdonság változók*,
 - *mérlegelési térfogatokhoz tartozó valós térfogatok* (fázistérfogatok),
 - *berendezési és irányítási változók*,
 - *tervezési változók*.

A folyamatmodellek elkészítéséhez az alábbi matematikai elemek szükségesek:

- *differenciál egyenletek*, amelyek mérlegegyenletekből származnak,
- *algebrai egyenletek*, amelyek eredete többféle: lehetnek kiegészítő egyenletek, transzport mechanizmusokat meghatározó egyenletek, illetve származhatnak megmaradási egyenletekből,
- *differenciális változók*, amelyek idő szerinti deriváltjai a differenciálegyenletekben szerepelnek,
- *algebrai változók*, amelyek a nem differenciális változók ideértve a konstansokat és tervezési változókat is.

A bemutatott modell elemek közötti szintaktikai és szemantikai kapcsolatokat mutatja be az 1. ábra objektum-orientált módon. A lekerekített téglalapokkal jelölt modell elemek egy-egy osztály példányaként definiáltak, ahol természetes módon ugyanazon osztály többszörös példányai is előfordulhatnak. Az elemek közötti zárt relációkat, illetve szintaktikai és szemantikai összefüggéseket az ábrán nyilak mutatják.

1. ábra

A folyamatmodellek szerkezete

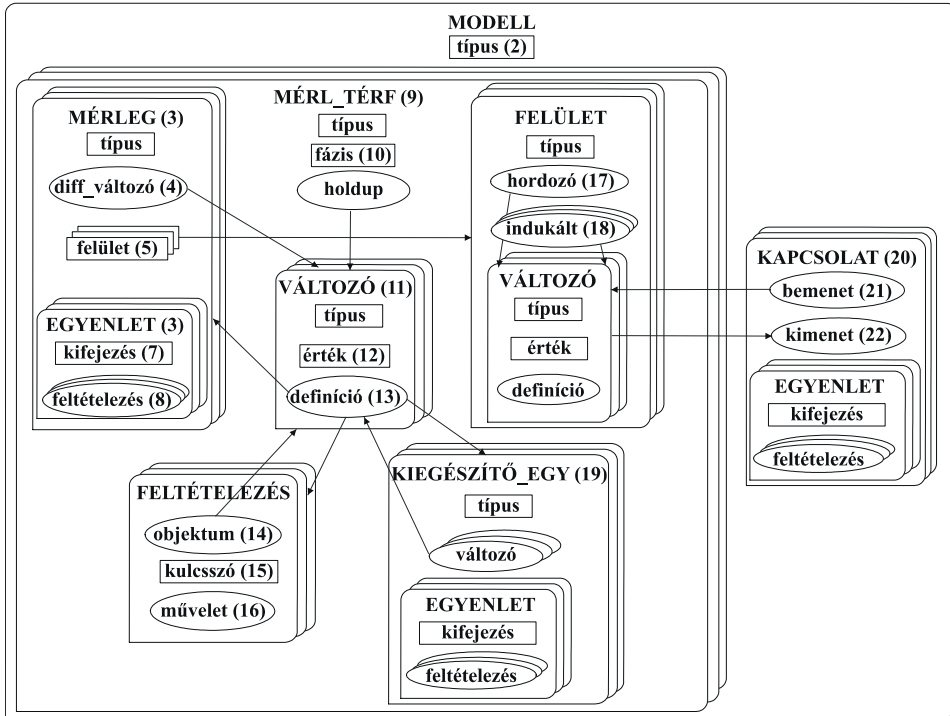


Figure 1: The structure of process models

Model(1), Type(2), Balance(3), Diff. variable(4), Surface(5), Equation(6), Expression(7), Assumption(8), Bound vol.(9), Phase(10), Variable(11), Value(12), Definition(13), Object(14), Keyword(15), Operation(16), Carrier(17), Induced(18), Constitutive(19), Connection(20), Inlet(21), Outlet(22)

Modell építő eljárás

Egy folyamatrendszer adott feladat megoldására alkalmas folyamatmodell egyenletei és modell elemei, illetve a közöttük érvényes relációk definiálásához egy szisztematikus modell építő eljárás szükséges. Habár a modell építés általában egy ciklikus folyamat, amely gyakran visszatér már befejezett lépésekhez, a szisztematikus modell építő eljárás a következő modellezési lépések sorozatával definiálható (Lakner *et al.*, 1999; Lakner *et al.*, 2002):

- *Mérlegelési térfogatok definiálása.* A modellezési cél ismeretében a modellezendő rendszer olyan elemi dinamikai egységekre bontása, amely egységekre triviális megmaradási egyenletek írhatók fel.
- *Extenzív mennyiségek definiálása.* Az összes tömeg, energia és komponens tömeg változók közül azon extenzív mennyiségek definiálása minden egyes, az 1. lépésben definiált mérlegelési térfogathoz, amelyek mérlegegyenletei a modell elkészítéséhez szükségesek.
- *Transzport tagok megadása.* A konvekció, átadás, reakció, illetve forrás/nyelő tagok definiálása minden egyes, az 1. lépésnél definiált mérlegelési térfogathoz és a hozzá kapcsolódó extenzív mennyiségek mérlegeihez, illetve a különböző mérlegelési térfogatok (ideértve a környezetet is) között.
- *Mérlegegyenletek automatikus elkészítése.* Az extenzív mennyiségekhez kapcsolódó transzport tagok ismeretében minden egyes extenzív mennyiség időbeli megváltozását leíró megmaradási egyenlet automatikusan elkészíthető.
- *Kiegészítő algebrai egyenletek definiálása.* A mérlegegyenletekben és a kiegészítő egyenletekben szereplő összes algebrai változó egyenletének meghatározása. Ez egy ciklikus folyamat, amely mindaddig folytatódik, amíg az összes algebrai változó definiált nem lesz.

A modell építési fázis eredménye az adott folyamatmodell elemeit és az elemek közötti relációkat tartalmazó tudásbázis. Ennek ismeretében elkészíthető egy teljes és ellenőrzött DAE modell, amelyben a teljesség az előre definiált modell elemekből történő szisztematikus modellkészítés miatt biztosított.

A modell építő eljárás működésének bemutatása

A modell építő eljárás implementálása Prolog programnyelven történt. Az elkészített modellező eszköz működésének illusztrálása egy egyszerű elpárologtató rendszer példájának segítségével történik.

A vizsgált elpárologtató (Ponton és Gawthrop., 1991) a 2. ábrán látható tökéletesen kevertnek feltételezett egykomponensű, fázisegyensúlyban levő gőz-folyadék rendszer. A rendszerbe F tömegárammal folyadékbetáplálás, V , illetve L tömegárammal pedig gőz-, illetve folyadéklevétel történik. A folyadékfázis fűtését fűtőszál segítségével oldják meg.

A folyamatmodell elkészítése során a korábban bemutatott modell elemek és a köztük le-vő relációk definiálása történik kérdőív-típusú felhasználói felületek segítségével. A 3-5. ábra illusztrálja a modell építés lépéseit, amely a különböző típusú modell elemekre vonatkozó modellezési feltételezések kikérdezésével és ezek összes következményének figyelembevételével történik. A modell építés eredményeképpen egy lépésről-lépésre bővülő modellt leíró Prolog tudásbázis készül el. A tudásbázis alapján meghatározott modell egyenletek a 6. ábrán láthatók.

2. ábra

Az elpárologtató rendszer folyamatábrája

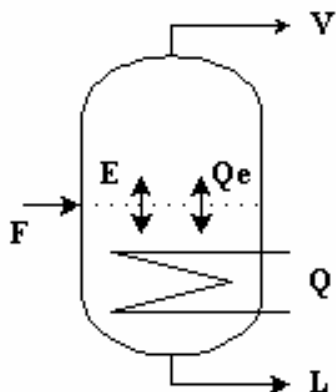


Figure 2: The flowsheet of the evaporator

3. ábra

Mérlegelési térfogat definiálása

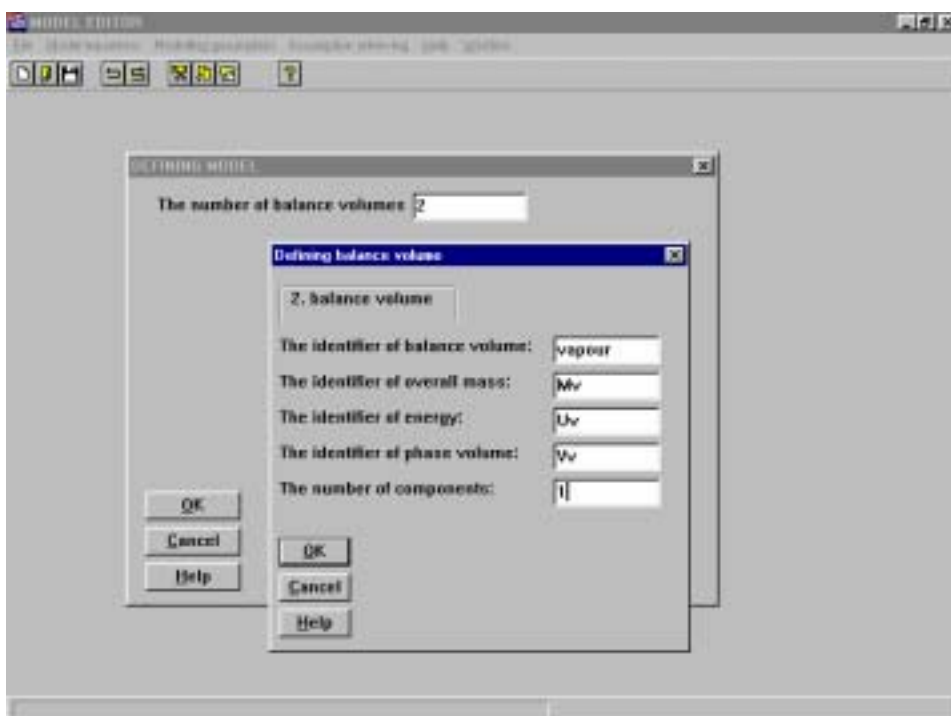


Figure 3: Specification of balance volume

4. ábra

Transzport mechanizmusok definiálása

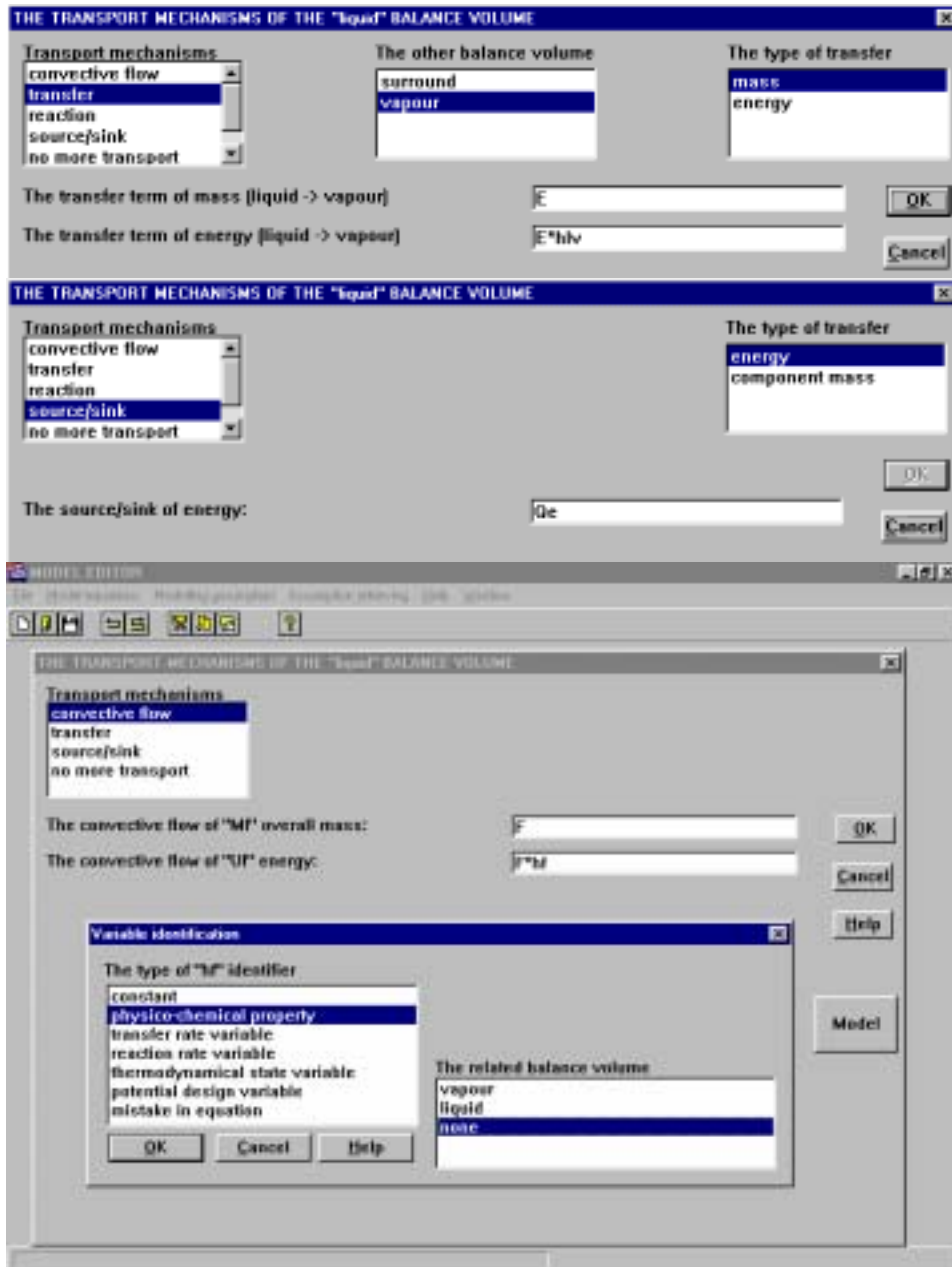


Figure 4: Specification of transport mechanisms

5. ábra

Változó egyenletének specifikálása

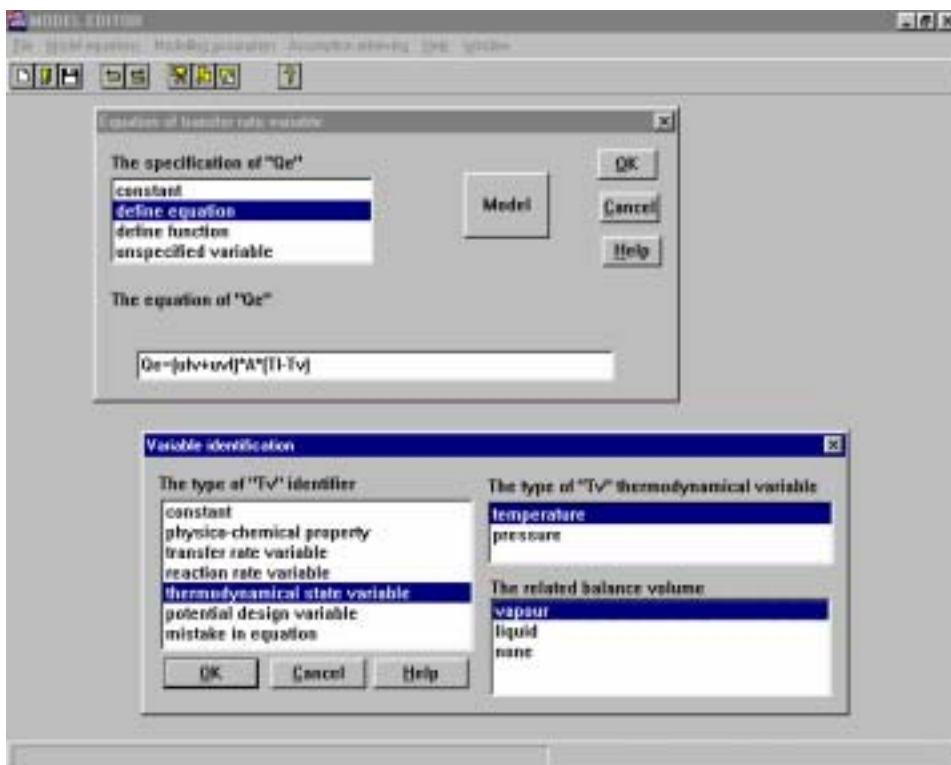


Figure 5: Specification of variable's equation

FOLYAMATMODELLEK EGYSZERŰSÍTÉSE

Modellezési feltételezések

A folyamatmodellezés egyik legfontosabb lépése a *modellezési feltételezések* specifikálása. A modellezési feltételezések a modellezési folyamat különböző fázisai során a modellezendő rendszerről alkotott mérnöki ismereteket és döntéseket reprezentálják, amelyek alapján a folyamatrendszerek matematikai modellje elkészíthető és módosítható. Megkülönböztethetők a modellezési folyamat kezdeti építési fázisában alkalmazott modellezési feltételezések, az ún. modell építő feltételezések, amelyek meghatározzák a modell szerkezetét, valamint egy már meglévő modellre alkalmazott egyszerűsítő, illetve bővítő feltételezések, amelyek módosíthatják a modell egyenleteket, s bizonyos esetekben a modell szerkezetét is megváltoztathatják. A továbbiakban ez utóbbi csoportba tartozó modellezési feltételezésekről lesz szó, amelyek általában az alábbi két kategória egyikébe sorolhatók:

- kiegészítő matematikai összefüggések a modell változók és paraméterek között, vagy
- megszorítások a korábban bevezetett változókra, illetve paraméterekre.

6. ábra

Az elpárologtató rendszer modellje

```
Free model
CONSERVATION BALANCES

Mass
dMv/dt=-V+E
dMi/dt=F-L-E

Energy
dUv/dt=-V*hv+Qe+E*hlv
dUi/dt=F*hi-L*hi-Qe-E*hlv+Q

CONSTITUTIVE EQUATIONS
Transfer rate equations
E=(kdv+kvf)*A*(Pcs-P)
Qe=(ulv+uvf)*A*(Ti-Tv)

Property relations
hv=fu1(Tv,P)
hlv=fu2(Ti,P)
hi=fu3(Ti,P)
hf=fu4(Ti,P)
kdv=fu5(Ti,Tv,P)
kvf=fu6(Ti,Tv,P)
ulv=fu7(Ti,Tv,P)
uvf=fu8(Ti,Tv,P)
rol=fu11(Ti,P)
Pcs=fu9(Ti)
Uv=Mv*hv
P*Vv=Mv/mw*R*Tv
Ui=Mi*hi
constants: Ti

Balance volume relations
Vi=Mi/rol
Vv=Vi-Vi

Equipment and control relations
L=fu10(Mi)
constants: A, Vi
pdes: V, F, Q
```

Figure 6: The model of the evaporator system

Az elemi modellezési feltételezések formális leírására egy hármas használható a következő alakban (Hangos és Cameron, 2001; Lakner et al., 1999; Lakner és Hangos, 2001; Lakner et al., 2001):

változó_név **reláció** *kulcsszó*

ahol:

változó_név: egy modell elem azonosító,

reláció: egy reláció azonosító, amely legtöbb esetben egyenlőség (=) vagy "is",

kulcsszó: egy konstans (numerikus vagy szimbolikus) vagy egy másik *változó_név*.

Néhány egyszerű példa elemi modellezési feltételezések formális leírására:

a reaktorban nincs hőátadás:	<i>reaktor_hőátadás is nil</i>
a gőz- és folyadékfázis hőmérséklete azonos:	T_G same as T_F
a reakcióhő elhanyagolható:	ΔH_R is negligible

A modellezési feltételezések lehetnek a bemutatott elemi (atomi) feltételezések vagy feltételezések konjunkciójaként előállított összetett feltételezések. Ezen szintaxis szabályok alapján a modellezési feltételezések úgynevezett *kanonikus alakban* állíthatók elő. Megjegyzésként megállapítható, hogy a modellezési feltételezések diszjunkciója is értelmezhető, ez azonban több különböző modellezési feltételezés alternatívát, s ennek eredményeként több különböző modellt jelent.

A modellezési feltételezések szemantikája a feltételezések hatását írja le egy adott modellre, amely szerint a modellezési feltételezések a modell egyenleteken végzett formális transzformációknak tekinthetők. Ezek hatását egyrészt a feltételezések szintaktikája, másrészt pedig a modell szerkezete határozza meg, s a transzformáció eredményeként transzformált (egyszerűsített vagy bővített) modell(ek) állítható(k) elő. Elemi feltételezések hatását vizsgálva - ezek alkalmazhatósága esetén - az eredmény modell egyértelmű, azonban összetett feltételezések esetén a konjunkciót alkotó elemi feltételezések alkalmazási sorrendjének megváltoztatása más-más modellt eredményezhet, illetve előállhat olyan eset is, hogy bizonyos feltételezés sorrend nem alkalmazható. Ez azzal magyarázható, hogy a modellezési feltételezések összefüggőek lehetnek, s ebben az esetben nem mindig kommutatívok.

A modellezési feltételezések hatása a modell egyenletekre szintaktikai, illetve szemantikai szabályok segítségével írható le. A teljesség igénye nélkül néhány transzformációs szabály a következő:

Ha	<i>algebrai_változó (V) is negligible</i>
akkor	V meghatározó egyenlete: $V=0$, és V további előfordulásai: V helyettesítése 0-val.
Ha	<i>transzport_mechanizmus is nil</i>
akkor	transzport tag egyenlete: törlés, és mérlegegyenleteben szereplő transzport tag: törlés, és <i>indukált_transzport_mechanizmus(ok) is nil</i> .
Ha	<i>differenciális_változó is constant</i>
akkor	differenciális változó: konstans, és differenciális változó mérlegegyenlete: algebrai egyenlet.

A bemutatott szabályokból jól látható, hogy a modellezési feltételezések hatása általában több modell elemére is kiterjed, s egyes modellezési feltételezések továbbiakat is indukálhatnak. Modell transzformáció során egy elemi vagy összetett modellezési feltételezés hatása a modell egyenletekre az összes alkalmazható szabály végrehajtásával, úgynevezett *előrefelé haladó következtetéssel* valósítható meg.

Az elemi modellezési feltételezések rendszerezése egy természetes hierarchia szerint történhet aszerint, hogy mennyire széleskörű a feltételezés modellre gyakorolt hatása. Ezek szerint a következő, a feltételezések hatása szerint csökkenő sorrendbe rendezett hierarchiaszintek különböztethetők meg:

- mérlegelési térfogatra vonatkozó feltételezések,
- differenciális változóra vonatkozó feltételezések,
- transzport mechanizmusokra vonatkozó feltételezések,
- kiegészítő egyenletekre vonatkozó feltételezések,
- algebrai változókra vonatkozó feltételezések.

Modell transzformáció során érdemes először a magasabb hierarchiaszinten levő feltételezések hatását vizsgálni, hiszen ezek módosítják leginkább a modellt, majd a módosított modellt az alacsonyabb hierarchiaszinten levő feltételezésekkel tovább finomítani.

Modellezési feltételezések hatása a folyamatmodellre, előrefelé haladó következtetés

Egy feltételezés modellre gyakorolt hatásának meghatározásához a megfelelő modell transzformációk elvégzésére van szükség. Mivel ezek a transzformációk hatékonyan megfogalmazhatók "ha-akkor" alakú következtetési szabályok formájában, s az alkalmazható szabályok végrehajtásával eljutunk a transzformált modellhez, maga a transzformáció folyamata előrefelé haladó következtetéssel valósítható meg.

Egy meglevő modell bonyolultabbá (bővebbé) alakítható modell bővítő, valamint egyszerűbb alakra hozható modell egyszerűsítő feltételezésekkel. Ezek közül a gyakorlatban a modell egyszerűsítés használata a gyakoribb, mivel egyrészt az első lépésben megalkotott modellek sokszor túl részletesek, emiatt egyszerűsítésre van szükség, másrészt a modell egyszerűsítés könnyebb (de még így is elég bonyolult) feladat, mint a modell bővítés. Egy túlságosan egyszerű modellt sokszor könnyebb előlről kezdve újra felépíteni, mint modell bővítő feltételezésekkel bonyolultabb formára hozni. Az említett gondolatok alapján a továbbiakban a modell egyszerűsítésről lesz szó.

Modell egyszerűsítésénél a cél az adott modellezési feltételezés hatását leíró összes alkalmazható transzformáció elvégzése után kapott egyszerűsített modell meghatározása a lehető legegyszerűbb algebrai formában. Ennek előállítása a következő két lépésben történik:

- modell egyszerűsítő transzformációk végrehajtása,
- formális algebrai transzformációk végrehajtása.

A modell egyszerűsítő transzformációkat leíró szintaktikai és szemantikai szabályok végrehajtása a következő egyszerű elv szerint történik: amennyiben egy szabály feltételi része igaz (azaz adott a szabály feltételi részében szereplő feltételezés), a szabály következmény része is igazzá válik (azaz a következmény részben szereplő modell módosítások és esetleges újabb feltételezések - amelyek újabb szabályok végrehajtását indukálják - elvégzésre kerülnek). Természetesen a folyamat mindaddig folytatódik, amíg a végrehajtható szabályok el nem fogynak.

A modell egyszerűsítő transzformációk működése a következő példa segítségével, nevezetesen a modell építésnél bemutatott elpárologtató rendszer (Ponton és Gawthrop, 1991) modell-részletén elvégzett egyszerűsítéssel jól nyomon követhető:

A modell:

$$Q_E = (u_{LV} + u_{VL}) * A * (T_L - T_V)$$

$$h_V = h_V(T_V, P)$$

$$U_V = M_V * h_V(T_V, P) \quad (T_V \text{ meghatározó egyenlete})$$

A feltételezés:

$$T_V \text{ same as } T_L$$

Az alkalmazott transzformációs szabály:

Ha	<i>algebrai_változó</i> (V1) same as <i>algebrai_változó</i> (V2)
akkor	V1 meghatározó egyenlete: V1=V2, és V1 további előfordulásai: V1 helyettesítése V2-vel.

Az egyszerűsített modell:

$$Q_E = (u_{LV} + u_{VL}) \cdot A \cdot (T_L - T_L)$$

$$h_V = h_V(T_L, P)$$

$$T_V = T_L \quad (T_V \text{ meghatározó egyenlete})$$

A modell egyszerűsítés elvégzése után az egyszerűsített modell egyenleteket a könnyebb kezelhetőség és átláthatóság érdekében érdemes algebrailag ekvivalens, azonban egyszerűbb alakra hozni. Ez szintaktikai szabályok segítségével végrehajtott formális algebrai transzformációk segítségével valósítható meg, amely során az egyenletek átalakítása ciklikus folyamatban az alkalmazható szabályok végrehajtásával történik. Az előző példa folytatásaként szemléltethető a modell egyenletek formális átrendezése.

Az alkalmazott transzformációs szabályok:

Ha	a kivonás operátor két operandusa azonos
akkor	a kifejezés: 0.
Ha	a szorzás operátor valamelyik operandusa 0
akkor	a kifejezés: 0.

Az átrendeztet egyszerűsített modell:

$$Q_E = 0$$

$$h_V = h_V(T_L, P)$$

$$T_V = T_L$$

A modell egyszerűsítő eljárás

Egy adott folyamatmodellre alkalmazható modellezési feltételezések meghatározása, valamint az egyszerűsítés(ek) eredményeképpen keletkező modell létrehozása a következő jól definiált lépésekből álló eljárással valósítható meg (Lakner et al., 1999; Lakner és Hango, 2001; Lakner et al., 2001):

1. *A lehetséges feltételezések összegyűjtése.* Egy a modell építésnél bemutatott szerkezetű egyszerűsítendő folyamatmodell ismeretében a modellen elvégezhető egyszerűsítő feltételezések automatikusan meghatározhatók. Ezt a modell tudásbázisában a konkrét modell elemekről tárolt információk, valamint a modell elem típusokra alkalmazható modellezési feltételezés készlet előzetes definiálása teszi lehetővé.
2. *Egy egyszerűsítő feltételezés kiválasztása.* Az összegyűjtött lehetséges egyszerűsítő feltételezések közül történik egy megvizsgálandó feltételezés kiválasztása.
3. *Előrefelé haladó következtetés.* A kiválasztott egyszerűsítő feltételezés hatása a folyamatmodellre a korábban bemutatott szintaktikai és szemantikai szabályok alkalmazásával meghatározható. Ez két jól elkülöníthető lépésre bontható előrefelé haladó következtetéssel valósítható meg: a modellezési feltételezések hatását leíró modell egyszerűsítő, majd a modell egyszerűbb alakra hozását segítő formális algebrai transzformációk végrehajtásával.
4. *Az egyszerűsített modell vizsgálata.* Az előrefelé haladó következtetés eredményeképpen egy egyszerűsített modell keletkezik, amelyről a modellező a következőképpen dönthet:
 - amennyiben megfelel a céljainak, véget ér a modell egyszerűsítés,
 - amennyiben további egyszerűsítésre van szükség, az 5. lépéssel folytatódik a modell egyszerűsítés,

- amennyiben pedig az utolsó egyszerűsítő lépés nem vezetett jó irányba, az utolsóként tett egyszerűsítő feltételezés törlése és az előző modell állapot visszaállítása után a 2. lépéssel folytatódik a modell egyszerűsítés.
- 5. *A lehetséges feltételezések módosítása.* Amennyiben a modell további egyszerűsítésére van szükség, a lehetséges egyszerűsítő feltételezések közül érdemes eltávolítani azokat, amelyek egy korábbi feltételezésnek ellentmondanak vagy amiatt feleslegessé válnak. Ez a lépés a modellezési feltételezések hierarchiájának ismeretében automatikusan elvégezhető.
- 6. *Visszatérés a 2. lépéshez.*

A modell egyszerűsítés eredménye az egyszerűsített folyamatmodell elemeit, beleértve a modell egyenleteket, valamint az alkalmazott modellezési feltételezéseket tartalmazó tudásbázisok.

A modell egyszerűsítő eljárás működésének bemutatása

A modell egyszerűsítő eljárás számítógépen történő implementálása Prolog programnyelven készült el, amelyben az egyszerűsítendő modellre alkalmazható modellezési feltételezések meghatározása után az egyszerűsítő modellezési feltételezés(ek) kiválasztása egy menüvezérelt felhasználói felületen történik, az egyszerűsítési folyamat pedig logikai következtetések segítségével valósul meg. Az elkészített modell egyszerűsítő eljárás lépései a következők:

1. *A lehetséges feltételezések összegyűjtése* az egyszerűsítendő modell beolvasásával egyidőben automatikusan történik meg, s a modellre alkalmazható feltételezések modell elem típusonként csoportosítva a 7. ábrán látható legördülő menüben jelennek meg.
2. *Egy egyszerűsítő feltételezés kiválasztása* a 7. ábrán bemutatott menü egyik elemének kijelölésével lehetséges.
3. *Előrefelé haladó következtetéssel* határozható meg a kiválasztott egyszerűsítő feltételezés hatása, amely egy egyszerűsített modellt eredményez. A 8. ábra együtt mutatja be a kiindulási és az egyszerűsített modellt, valamint az alkalmazott modellezési feltételezéseket.
4. *Az egyszerűsített modell vizsgálata* a 8. ábrán látható egyszerűsített modell tanulmányozásával történik. Amennyiben további egyszerűsítés szükséges, a felhasználónak nyilatkoznia kell a legutolsóként alkalmazott modellezési feltételezés megtartásáról avagy visszavonásáról.
5. *A lehetséges feltételezések módosítása* az újabb modellezési feltételezések kiválasztása előtt történik a 7. ábrán található legördülő menü automatikus módosításával. A módosítás során az ellentmondásossá, illetve redundánssá váló modellezési feltételezések a menüben kiválaszthatatlanná válnak. Az ellentmondásos, illetve redundáns feltételezések automatikus kiszűrése a modell elemek szintaktikai kapcsolatainak valamint a feltételezés-hierarchiák ismeretében valósítható meg. Így például egy mérlegelési térfogat törlése után bármelyik hozzá tartozó változóra megadott további feltételezés ellentmondásra vezetne, egy elhanyagolható (azaz 0 értékű) modell elemre tett konstans feltételezés pedig redundáns lenne.
6. *Visszatérés a 2. lépéshez.*

7. ábra

Lehetséges modell egyszerűsítő feltételezések

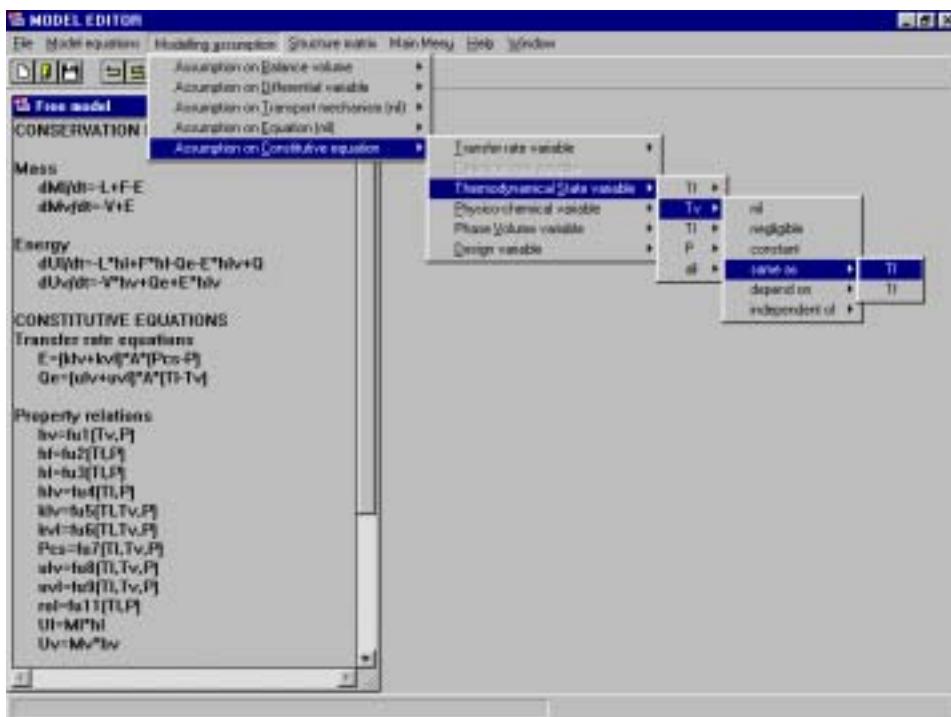


Figure 7: Possible model simplification assumptions

A továbbiakban a modell egyszerűsítő eljárás működése a folyamatmodellek építésénél ismertetett elpárologtató rendszerre (Ponton és Gawthrop, 1991) alkalmazott egyszerűsítő feltételezés sorozat modellre gyakorolt hatásának végigkövetésével kerül bemutatásra.

A modell egyszerűsítő feltételezések:

- A gőz mérlegelési térfogat elhanyagolható: *vapour is negligible*
- A fázisok hőmérséklete azonos: T_L same as T_V
- A fizikai-kémiai tulajdonságok állandók. Ez egy összetett modellezési feltételezés, amely *X is constant* szerkezetű egyszerű modellezési feltételezések konjunkciója, ahol $X = \rho_L, k_{LV}, k_{VL}, u_{LV}, u_{VL}, h_V, h_L, h_F$ (azaz X egy fizikai-kémiai tulajdonság változó).

A modell egyszerűsítő feltételezések hatása:

- A gőz mérlegelési térfogat elhanyagolható, ezért a gőz mérlegelési térfogathoz tartozó differenciális változók és a gőz fázistérfogata szintén elhanyagolhatók lesznek: $M_V=0, U_V=0, V_V=0$. Ezzel egyidőben M_V, U_V és V_V minden egyes előfordulása 0-val helyettesítődik. A fáziselhanyagolás következtében a differenciális változókhoz tartozó mérlegegyenletek algebrai egyenletekké válnak: $0=-V+E, 0=-V \cdot h_V+Q_E+E \cdot h_{LV}$. A gőz mérlegelési térfogat tömegmérlegéből átrendezéssel a

$V=E$ egyenlet keletkezik, amely lehetővé teszi V változó minden egyes előfordulásának E -vel történő behelyettesítését.

- A két fázis hőmérséklete azonos, ezért T_L meghatározó egyenlete a $T_L=T_V$ egyenlet lesz, s T_L minden egyéb előfordulása T_V -vel helyettesítődik. A fázisok közötti termikus egyensúly miatt természetesen a fázisok közötti energiaátadás, Q_E is 0-vá válik.
- A konstans fizikai-kémiai tulajdonság feltételezés miatt a ρ_L , k_{LV} , k_{VL} , u_{LV} , u_{VL} , h_V , h_L , h_F változók konstansokká válnak.

A 8. ábrán külön-külön ablakokban láthatók az egyszerűsítés eredményeként kapott egyszerűsített modell (transformed model), a kiindulási modell (free model), valamint az alkalmazott egyszerűsítő feltételezések (modelling assumptions).

8. ábra

A modell egyszerűsítés eredménye

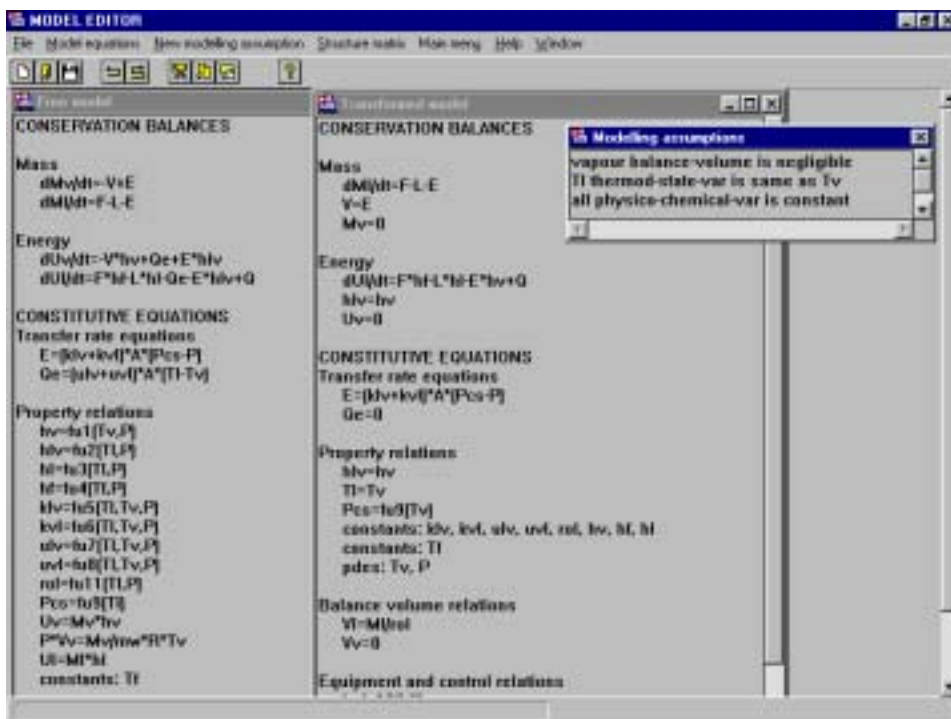


Figure 8: The result of model simplification

MODELLEZÉSI FELTÉTELEZÉSEK VISSZAFEJTÉSE

A modellezési feltételezések visszafejtése (Lakner és Hangos, 2001; Lakner et al., 2001) a folyamatmodellezés egy fontos, azonban a korrekt, kiforrott mérnöki értelmezés és hatékony algoritmus hiánya miatt nem szokásos lépése. Feltételezés-visszafejtés során egy fizikai rendszert leíró két különböző részletességű modell azon modellezési feltételezéseinek meghatározása történik, amelyek alkalmazásával a részletesebb modell

az egyszerűbb modell alakra transzformálható. Az alkalmazott modellezési feltételezések utólagos megállapítása a hiányos vagy elmaradt dokumentáció pótlására szolgálhat, ezen kívül az azonos hatást eredményező modellezési feltételezések értelmezése segíti a modell analízisét, a modellre már alkalmazott modellezési feltételezések meghatározása pedig lehetővé teszi az inkonzisztenciák elkerülését a modell továbbfejlesztése, valamint modellek integrálása során.

A feltételezés-visszafejtés a modell egyszerűsítés inverz feladatának tekinthető, amelynek célja az azt megelőző modell egyszerűsítő fázis során lehetségesen alkalmazott modellezési feltételezések meghatározása a kiindulási és az eredmény modellek alapján. Mivel egy bonyolultabb kiindulási modell egyszerűsítése során számos esetben többféleképpen, többféle modellezési feltételezés sorozat alkalmazásával is előállítható ugyanaz az egyszerűsített modell, a feltételezés-visszafejtés során az eredmény feltételezés-sorozat nem egyértelműen meghatározott, így a cél egy vagy az összes lehetséges feltételezés-sorozat előállítása lehet.

A feladat a modell egyszerűsítéshez hasonlóan *előrefelé haladó következtetéssel* valósítható meg, ahol az összes lehetséges egyszerűsítő feltételezés és a hozzá tartozó következtetési lépések kipróbálása *kereséssel* történik. A keresési feladatnál adott a keresési tér kezdeti-, illetve célállapota (azaz a részletes, illetve az egyszerűsített modell) valamint az alkalmazható akciók (azaz a modell egyszerűsítő transzformációk) készlete, s keresendő egy vagy az összes lehetséges út (modell transzformáció sorozat) a kezdeti- és a célállapot között.

A feltételezés-visszafejtés következtetéssel történő megfogalmazása a keresés irányától függően alapvetően kétféleképpen történhet:

I. Következtetés a bonyolultabb modellből kiindulva (előrefelé haladó keresés)

Előrefelé haladó keresés során a kezdeti állapotból, azaz a részletes modellből indul a keresés, s az egyszerűsítő feltételezések végrehajtásával keletkező egyszerűbb modell alakok előállítása mindaddig folytatódik, amíg (az összes lehetséges módon) nem sikerül a célállapotként definiált egyszerűsített modell elérése.

A keresés megvalósításakor problémát okoz az egy adott modellre alkalmazható lehetséges feltételezések nagy száma, amely az egy modellből közvetlenül előállítható egyszerűsített modellek számát, azaz az állapotok elágazási tényezőjét adja meg. Ez a példaként bemutatott egyszerű elpárologtató rendszer modell esetén is több száz lehet, amely előrevetíti a kombinatorikus robbanás problémáját. Ez egyrészt kiküszöbölhető a lehetséges feltételezések számának csökkentésével, amely a kezdeti, illetve a célállapotot leíró modellek összehasonlításával valósítható meg, s az összehasonlítás eredményeként modellezési feltételezések csupán azokra a modell elemekre adhatók meg, amelyek a két modellben különböznek. Másrészt gyakorlati és mérnöki megfontolások alapján a keresési fa mélysége korlátozható, hiszen a modell egyszerűsítési folyamat az esetek többségében néhány modell egyszerűsítő feltételezés alkalmazásából áll.

II. Következtetés az egyszerűbb modellből kiindulva (hátrafelé haladó keresés)

Mivel a feltételezés-visszafejtés a modell egyszerűsítés inverz feladatának is megfogalmazható, kézenfekvőnek tűnik az egyszerűsített modell bonyolultabb modellé alakítása fordított irányú transzformációk segítségével. Ebben az esetben a kiindulási állapot természetesen az egyszerűsített modell, a keresés során alkalmazható akciók pedig az inverz egyszerűsítő feltételezés transzformációk, amelyek segítségével az előd (részletesebb) modellek előállíthatók. A keresés a kezdőállapotban megadott részletes modell (összes lehetséges módon történő) eléréséig folytatódik. A módszer ilyen formában az esetek nagy részében nem használható, mivel ezek a vetítés típusú

feltételezés transzformációk nem mindig invertálhatók. A módszer alkalmazásával azonban az invertálható feltételezések végrehajtása során előállított részben visszafejtett modelleket az ismertett előrefelé haladó kereséssel megvalósított következtetés "jobb" (kevesebb számú transzformációval elérhető) célállapotainak tekintve a keresési fa mérete jelentősen csökkenthető.

A feltételezés-visszafejtő eljárás

A modellezési feltételezések visszafejtése során feltételezés-sorozat(ok) előállítása a cél, amely(ek) alkalmazásával egy megadott részletes modell egy másik, szintén meghatározott egyszerűbb modell alakra transzformálható. A megoldás kereséssel történik, ahol a keresési tér állapotai a folyamatmodellek, az akciók pedig a modellezési feltételezések. Mivel a nagy elágazási tényező miatt a keresés során egyidejűleg kezelendő nagyszámú strukturált tudáseggyüttessel definiált folyamatmodellek egyidejű tárolása nehézségeket okozhat, a modellek tárolása helyett érdemesebb a vizsgálandó modelleket közvetlenül a kezdeti állapotból előállítani. Ebben az esetben mindig három modell (kezdeti-, cél-, illetve aktuális állapot) kezelését kell megoldani egyidőben, s emellett gondoskodni kell arról, hogy az összes lehetséges feltételezés, illetve feltételezés-sorozat kipróbálásra kerülhessen.

A feltételezés-visszafejtő eljárás (Lakner és Hangos, 2001; Lakner et al., 2001) a következő főbb lépésekből áll:

1. Modellek összehasonlítása

A modellek összehasonlítása a megadott részletes, illetve egyszerűsített modellek durva összevetését jelenti, amely során a modellekben szereplő modell elemek (mérlegelési térfogatok, változók és modell egyenletek) számának és típusának összehasonlítása történik meg. Ennek alapján eldönthető, hogy a két modell ugyanazt a folyamatrendszert definiálja-e azonos modell hierarchiában és modell struktúrában megadva. Ha a két modell nem ugyanannak a rendszernek különböző részletességű modellje, az összehasonlítás sikertelen, s a modellezési feltételezések visszafejtése sikertelenül véget ér.

2. Hátrafelé haladó keresés

A hátrafelé haladó keresés során az egyszerűsített modellből kiindulva, a modell egyszerűsítés során egyértelműen alkalmazott inverz modellezési feltételezések segítségével részben visszafejtett modellek előállítása történik, amelyek a következő előrefelé haladó keresési lépés lehetséges célállapotai lesznek. Ezen lépés részletes kidolgozásához természetesen szükség van az invertálható modellezési feltételezések, illetve az inverz transzformációk meghatározására, amely önmagában is nagy és nehéz feladat.

3. Előrefelé haladó keresés

Az előrefelé haladó keresés a következő részfeladatokra osztható:

- Egy lehetséges célállapot kiválasztása

A hátrafelé haladó kereséssel meghatározott, az előrefelé haladó kereséssel még nem vizsgált részlegesen visszafejtett modellek egyike, ennek hiányában pedig a feladat megfogalmazásakor definiált egyszerűsített modell alkotja az előrefelé haladó keresés célállapotát. Az összes lehetséges célállapot kipróbálása után a keresés véget ér.

- A lehetséges feltételezés-lista összegyűjtése

A keresés kezdeti állapotára, azaz a részletes modellre alkalmazható modellezési feltételezések a modell elemek és a feltételezések készletének ismeretében

gyűjthetők össze. Az egy modellre alkalmazható feltételezések nagy száma miatt szükség van a lehetséges feltételezések számának csökkentésére. Ez a kiindulási-, illetve a célállapotot tartalmazó modellek elemeinek összehasonlításával történik, amely során modellezési feltételezések csupán a két modell különbözőképpen definiált modell elemeire adhatók meg. Az így összegyűjtött egyszerűsítő feltételezések a hierarchia sorrendnek megfelelően egy listára kerülnek, amely lista elemeinek egymás utáni kiválasztása biztosítja a lehetséges feltételezések szisztematikus végigpróbálását a keresés során.

- *Keresés iteratív mélyítéssel*

Iteratív mélyítési technika felhasználásával a részletes modellből kiindulva a lehetséges feltételezésekkel végrehajtott modell egyszerűsítéssel részben egyszerűsített modellek állíthatók elő, amelyek a célállapotként megadott modellel összehasonlításra kerülnek. Egyezés esetén a modell eléréséhez felhasznált egyszerűsítő feltételezés sorozat (amely természetesen a hátrafelé haladó keresésnél felhasznált egyszerűsítő feltételezést is tartalmazza) ad egy lehetséges megoldást. Különbözőség, valamint az összes lehetséges megoldás megadása esetén a keresés a modell további egyszerűsítésével folytatódik.

A modellre alkalmazható feltételezések, azaz az állapotok elágazási tényezője egy modell egyszerűsítés sorozatot tartalmazó út mentén lépésről-lépésre csökken. Ez annak köszönhető, hogy a már alkalmazott egyszerűsítő feltételezések miatt bizonyos további feltételezések a már meglévő feltételezéseknek ellentmondanak vagy a már meglévő feltételezések miatt redundánssá válnak. Ezt felhasználva a keresési fa mérete korlátozható minden egyes keresési lépésben az ellentmondó és redundáns modellezési feltételezések feltételezés-listáról való eltávolításával.

Gyakorlati és mérnöki megfontolások alapján a keresési fa maximális mélységére egy korlát definiálható, amelyet a keresés megkezdése előtt a felhasználó ad meg. (Jelen esetben ez a korlátérték maximum 3 lehet.)

- *Visszatérés a 3. lépéshez*

A feltételezés-visszafejtés eredménye feladattól függően egy vagy az összes egyszerűsítő feltételezés sorozat, amely alkalmazásával a megadott részletes modell a megadott egyszerű alakra transzformálható.

A feltételezés-visszafejtő eljárás működésének bemutatása

A feltételezés-visszafejtő eljárás implementálása Prolog programnyelven történt, amelynek működését és az eredményül kapott feltételezés-sorozatokat az elpárologtató rendszer modell (Ponton és Gawthrop, 1991) segítségével illusztrálom.

A kiindulási modellek:

- részletes modell: a modell építésnél ismertett elpárologtató rendszer modell
- egyszerűsített modell: az alábbi két egyszerűsítő feltételezés alkalmazásával keletkező modell:
 - a gőz mérlegelési térfogat összes tömege állandósult állapotú: M_V is constant
 - a fizikai-kémiai tulajdonságok állandóak: *all physico-chemical-variable is constant*

A 9. ábra "Free model", illetve "Transformed model" ablakaiban láthatók a megadott részletes, illetve egyszerűsített modellek.

9. ábra

A feltételezés-visszafejtés felhasználói felülete

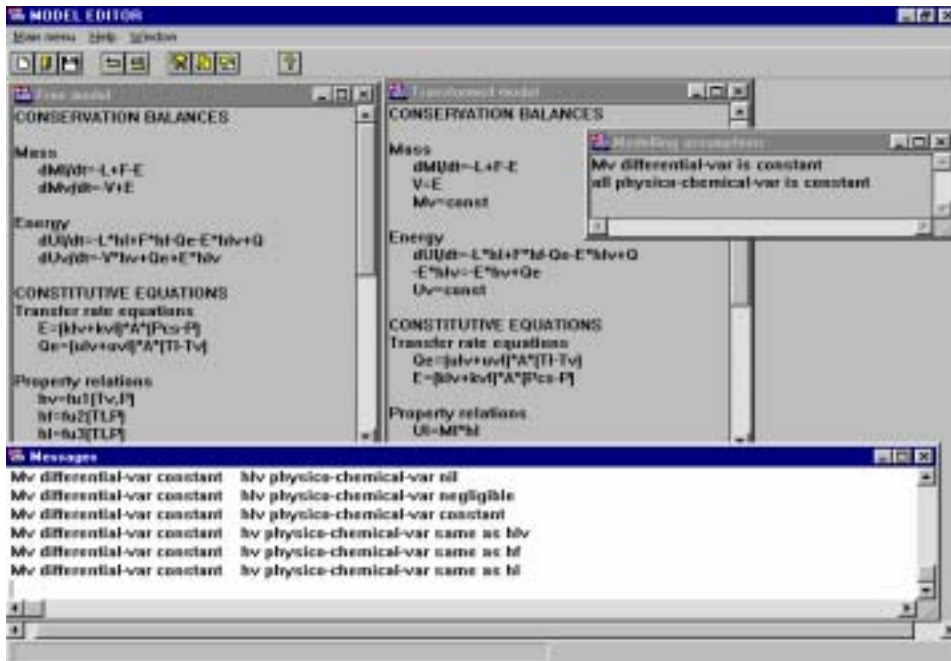


Figure 9: The user interface of assumption retrieval

A feltételezés-visszafejtés lépései:

Modellek összehasonlítása

A példában megadott részletes és egyszerűsített modellek durva összehasonlítása sikeres, hiszen mindkét modell azonos számú és azonosítójú mérlegelési térfogatot, valamint azonos számú, azonosítójú és típusú változót továbbá egyenletet tartalmaz.

Visszafelé haladó keresés

Ez az eljárás még nem teljesen kidolgozott lépése, így jelen pillanatban a részben visszafejtett modell azonos a kiindulási lépésben megadott egyszerűsített modellel.

Előrefelé haladó keresés

A keresési fa maximális mélységét definiáló korlát értékének beállítása a 10. ábrán látható módon történik, amely jelen esetben 2.

- Egy lehetséges célállapot kiválasztása

A feladat egyetlen célállapota a beolvasott egyszerűsített modell.

- Lehetséges feltételezés-lista összegyűjtése

A részletes, illetve az egyszerűsített modellek elemeinek összehasonlítása során az algoritmus a következő különbözőképpen definiált modell elemeket találta:

M_V és U_V differenciális változók,

ρ_L , k_{LV} , k_{VL} , u_{LV} , u_{VL} , h_V , h_L és h_F fizikai-kémiai tulajdonságok,

V tervezési változó.

Egy differenciális változóra alkalmazhatók az **is nil**, **is negligible**, **is constant** és az **is pseudo-steady-state** feltételezések, egy fizikai-kémiai tulajdonságra, illetve tervezési változóra (mint algebrai változóra) pedig az **is nil**, **is negligible**, **is constant**, **same as VI** feltételezések, ahol **VI** egy másik ugyanolyan típusú algebrai változó. Így a különböző modell elemek és a lehetséges feltételezés típusok ismeretében az alkalmazható feltételezések listája automatikusan elkészül, amely jelen esetben 95 lehetséges feltételezést tartalmaz.

10. ábra

A keresési fa maximális mélységének beállítása

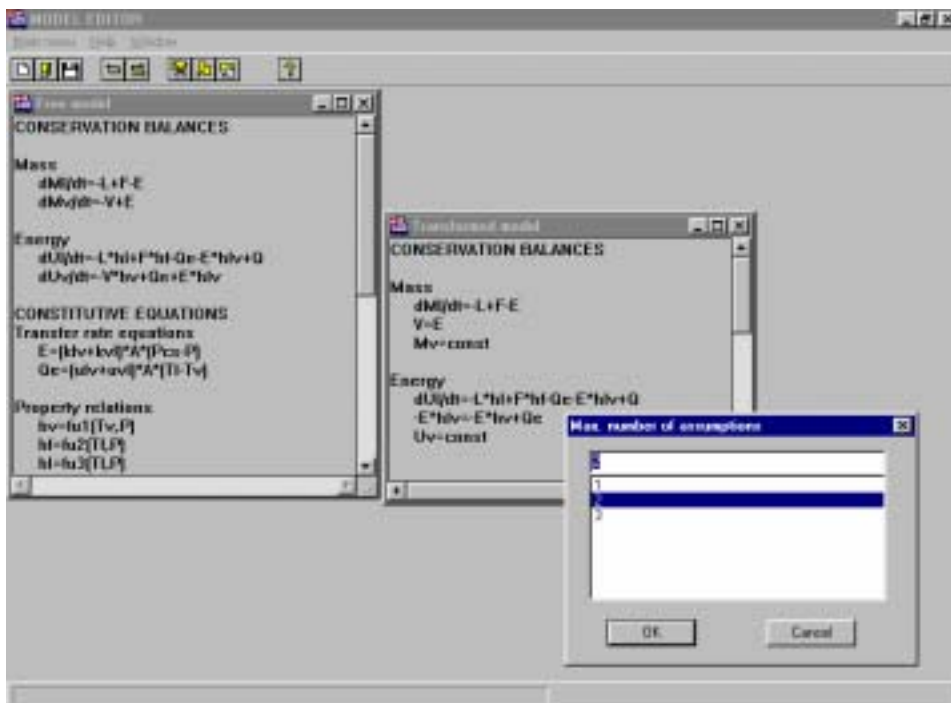


Figure 10: Specification of maximum depth in the searching tree

Keresés iteratív mélyítéssel

A feltételezés lista (akciók), a részletes és az egyszerűsített modell (kezdeti- és célállapot), valamint a mélységi korlát maximumának ismeretében a lehetséges feltételezés-sorozatok meghatározása iteratív mélyítéssel történik. Mivel a példában szereplő keresési fa elágazási tényezője 95, így a 2 mélységben történő vizsgálat közel 9.000 egyszerűsített modell előállítását és vizsgálatát jelenti.

A feltételezés-visszafejtés eredménye

A 11. ábra jobb oldalán láthatók a feltételezés-visszafejtés eredményeként kapott maximálisan két feltételezést tartalmazó feltételezés-sorozatok, amelyek a következők:

- M_V differential-variable **is constant** és all physico-chemical-variable **is constant**
- U_V differential-variable **is constant** és all physico-chemical-variable **is constant**

- *all physico-chemical-variable is constant* és M_V differential-variable **is constant**
- *all physico-chemical-variable is constant* és U_V differential-variable **is constant**

Látható, hogy 4 lehetséges feltételezés-sorozatot talált az eljárás, amely mindegyike 2-2 feltételezést tartalmaz (tehát 1 feltételezés alkalmazásával nem állítható elő az egyszerűsített modell). Az 1. és 3., illetve a 2. és 4. feltételezés-sorozat egy-egy párt alkot, amely csupán a feltételezések sorrendjében különbözik. Ez azt mutatja, hogy ezek a feltételezés transzformációk kommutatívak. A célállapotot alkotó egyszerűsített modell előállításához felhasznált egyszerűsítő feltételezés pár (1. és 3.) mellett az algoritmus egy ettől különböző feltételezés párt (2. és 4.) is talált. Ennek az oka az, hogy az M_V differential-variable **is constant** és az U_V differential-variable **is constant** modellezési feltételezések összefüggőek, és az *all physico-chemical-variable is constant* feltételezés fennállása mellett ekvivalensek is az $U_V = M_V \cdot h_V \rightarrow U_V = M_V \cdot \text{const}$ egyenlet miatt.

11. ábra

A feltételezés-visszafejtés eredménye

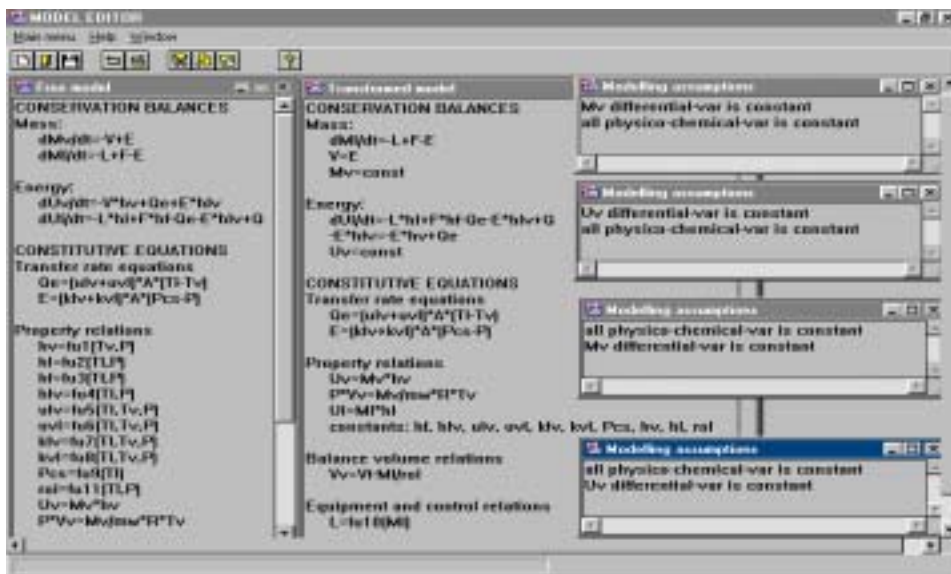


Figure 11: The result of assumption retrieval

Az előállított feltételezés-sorozat analízise, a feltételezés transzformációk kanonikus alakja
Az ismertetett és a vizsgált esettanulmányok részletes eredményei azt mutatják, hogy valószínűleg létezik olyan rendezett és minimális feltételezés-sorozat, úgynevezett *kanonikus alak*, amely a részletes modellt az egyszerűsített modell alakra transzformálja, s amely bizonyos értelemben egyedülálló. Ez a feltételezés-sorozat a következő javasolt módszerrel lenne előállítható:

- *A jelölt feltételezés-sorozatok generálása a feltételezések hierarchiasorrendje szerint*
A részletes és az egyszerűsített modellek különbsége ismeretében meghatározott lehetséges feltételezések kipróbálása a keresés során a feltételezések csökkenő hierarchiasorrendje alapján történik.

- *Az ekvivalens feltételezések közül egy előnyben részesített forma figyelembe vétele*
Ekvivalens feltételezés transzformációk esetében egy preferált feltételezés transzformáció kiválasztása történik, s a feltételezés-visszafejtés során ez a kiválasztott forma szerepel.
- *A feltételezés-sorozatban résztvevő feltételezések összes következmény feltételeinek figyelmen kívül hagyása*
Amennyiben a feltételezés-sorozatban szerepel egy olyan magasabb szintű feltételezés, amely magában foglal további modellezési feltételezéseket, ezek a további feltételezések a lehetséges feltételezés listából elhagyhatók.
- *A kommutatív feltételezések figyelembe vétele egyedül egy előre definiált sorrend szerint*
Abban az esetben, ha a visszafejtett modellezési feltételezés-sorozatok kommutatív, nem összefüggő feltételezéseket tartalmaznak minden lehetséges sorrendben, elegendő egy előre definiált sorrend szerinti lehetséges permutáció meghatározása, amely kifejezi az összes többi sorrendet is.

Összefoglalva, a cikk olyan számítógéppel segített modellezési eszközökben alkalmazható módszereket és eljárásokat mutat be, amelyek feltételezésvezérelt módon folyamatmodellek készítésére, az elkészített modellek egyszerűsítésére, valamint ugyanazon rendszer két különböző részletességgel leírt modellje ismeretében a modellek közötti lehetséges modellezési feltételezések meghatározására használhatók.

A kifejlesztett modell építő eljárás a modellező kikérdezése során lépésről-lépésre bővülő modellt szolgáltat, s a modellezési folyamat egy teljes és ellenőrzött, kanonikus alakban megadott folyamatmodell elkészítésével ér véget. A módszer valójában a papírral ceruzával történő modell alkotás folyamatának ötletén alapul, azonban az eljárás számítógépes megvalósítása során alkalmazott következtetési mechanizmus használata miatt lényegesen több ennél. Ennek magyarázata az, hogy a modell építés során a rendszer minden egyes modellezési lépésben definiált modellezési feltételezés, illetve modell elem összes következményének kikérdezésével vezeti a modellezőt, így nem történhet meg az, hogy a modellező a modell valamely részletét "elfelejti" definiálni.

A bemutatott felépített modellek egyszerűsítésére alkalmas módszer az egyszerűsítendő modell ismeretében automatikusan létrehozza az alkalmazható modell egyszerűsítő feltételezések készletét, majd előállítja a kiválasztott egyszerűsítő feltételezés összes következményének eredményeképpen keletkező egyszerűsített modellt. A kifejlesztett módszer és a felhasznált szabályok szintén a papírral ceruzával történő modell manipulálás ötletén alapulnak, azonban az eljárás az alkalmazandó feltételezés kiválasztásától eltekintve teljesen automatikus, s emiatt minden lehetséges következményt figyelembe vesz. Ezen kívül több egymás utáni feltételezés magadása esetén a módszer gondoskodik az ellentmondó, illetve bizonyos redundáns feltételezések eltávolításáról is.

A modellezési feltételezések visszafejtésére alkalmas módszer egy fizikai rendszert leíró két különböző részletességű (egy egyszerűbb és egy bonyolultabb) modell ismeretében határozza meg azokat a modellezési feltételezés sorozatokat, amelyek alkalmazásával a bonyolultabb modell az egyszerűbb modell alakra transzformálható. A javasolt modellezési feltételezés visszafejtő eljárás a megoldások előállításához iteratív mélyítéssel keresést használ.

Az eljárások alkalmazhatóságának igazolására elkészült számítógépes implementáció a három eljárást egyazon integrált környezetben tartalmazó, egyazon tudásbázison dolgozó *intelligens modell editor*. A modell editort az irodalomból megismert modellező eszközökkel összehasonlítva megállapítható, hogy a modell egyszerűsítő, illetve modellezési feltételezés-visszafejtő szolgáltatások alapvetően új

elemei a számítógéppel segített modellezési folyamatnak. Az irodalomban megtalálható modellező eszközök a modell editor modell építő szolgáltatásához hasonlóan a folyamatmodellek elkészítéséhez nyújtanak hatékony segítséget, azonban nem használják ki teljes mértékben a folyamatmodellek elemei között rejlő szintaktikai és szemantikai összefüggések automatikus kezelését. Mivel ezek megadása többé-kevésbé a modellezőre marad, előrevetíti annak lehetőségét, hogy hiányos és/vagy ellentmondásokat tartalmazó modell készüljön, emellett az elkészített modell használhatóságát jelentősen befolyásolja a modellező szaktudása. Másrészt sokszor problémát okozhat, hogy a modellező eszközök kezelése túlságosan szerteágazó, ami azt jelenti, hogy egy modell elkészítéséhez számos különböző, egymástól látszólag független adat definiálására van szükség, amelynek módszeres, a felhasználót "vezető" megadásához nincs kellő mértékű támogatás. Ezeket a hiányosságokat pótolja az elkészített modell építő modul, amely a felhasználó modell elemekről, illetve modellezési feltételezésekről történő szisztematikus kikérdezésével készíti el a folyamatmodellt. A módszer újszerűsége abban rejlik, hogy logikai következtetések alkalmazásával egy megadott modell elem összes hatását figyelembe kell vennie a modellezőnek, amiről a modell építő modul automatikusan gondoskodik.

IRODALOM

- Hangos, K.M., Cameron, I.T. (2001). Process modelling and model analysis, Academic Press, New York, 1-543.
- Hangos, K.M., Cameron I.T. (2001). A formal representation of assumptions in process modelling. *Comput. Chem. Engng.*, 25. 237-255.
- Lakner, R., Hangos, K.M., Cameron, I.T. (1999). An assumption-driven case-specific model editor. *Comput. Chem. Engng.*, 23. S695-S698.
- Lakner, R. Hangos K.M. (2001). Intelligent assumption retrieval from process models by model-based reasoning. *Engineering of Intelligent Systems (Lecture Notes in Computer Science: Lecture Notes in Artificial Intelligence)* 2070 Springer, 145-154.
- Lakner, R., Hangos, K.M., Cameron, I.T. (2001). Assumption retrieval from process models. *Computer Aided Chemical Engineering* 9 Elsevier, 195-200.
- Lakner, R., Hangos, K.M. (2002). Computer-aided incremental model building *IASTED International Conference on Modelling, Identification and Control, MIC'2002*, 426-431.
- Marquardt, W. (1996). Trends in computer-aided modelling. *Comput. Chem. Engng.*, 20. 591-609.
- Ponton, J.W., Gawthrop, P. (1991). Systematic construction of dynamic models for phase equilibrium processes. *Comput. Chem. Engng.*, 15. 803-808.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Piglerné Lakner Rozália

Veszprémi Egyetem, Számítástudomány Alkalmazása Tanszék
8200 Veszprém, Egyetem u. 10.

Department of Computer Science, University of Veszprém

H-8200 Veszprém, Egyetem u. 10., Hungary

Tel.: 88-422-022/4712, Fax: 88-428-275

e-mail: lakner@dcs.vein.hu



Molekulatömeg-eloszlás tervezése élő polimerizációs reakciónál

Farkas E., Meszéna Zs.

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Kémiai Informatika Tanszék, Budapest, 1111 Gellért tér 4.

ÖSSZEFOGLALÁS

A műanyagok fizikai és kémiai tulajdonságát döntően befolyásolja, hogy milyen molekulatömegű láncokból épülnek fel, és ezek a láncok egymáshoz viszonyítva milyen mennyiségben vannak jelen. Ezért fontosak a molekulatömeg-eloszlás meghatározására irányuló számítások. Munkánk során a monodiszperz láncnövekedés módszerét használva élő anionos polimerizációt modelleztünk, amely - ideális esetben - egy pillanatszerű iniciálási reakcióból és egy láncnövekedési lépésből áll. Az alkalmazott módszer speciálisan élő polimerizációk molekulatömeg-eloszlásának számítására és tervezésére szolgál. Az u.n. konvolúciós módszeren alapul, de elhanyagolja a láncnövekedés okozta kiszélesedést és pillanatszerű iniciálást feltételez, ezzel tovább egyszerűsíti és gyorsítja a számítást, viszont csak közelítőleg képes meghatározni a molekulatömeg-eloszlást. Megvizsgáltuk, hogy az ilyen módon kiszámolt közelítő molekulatömeg-eloszlás milyen jó közelítést ad, és a módszerből levezethető tervezési algoritmus milyen pontossággal képes megadni a reaktor működtetéséhez szükséges paramétereket folyamatos kevert tartályreaktorban végzett polimerizáció esetén.

(Kulcsszavak: molekulatömeg-eloszlás, tervezés, monodiszperz láncnövekedés módszere)

ABSTRACT

Molecular weight distribution design with living polymerisation reactions

E. Farkas, Zs., Meszéna

Budapest University of Technology and Economics, Department of Chemical Information Technology, Budapest, H-1111 Gellért tér 4.

The physico-chemical properties of polymers are highly affected by the lengths and relative amounts of chains, hence the importance of the prediction of the molecular weight distribution (MWD) is evident. In this work a living anionic polymerisation reaction has been modeled with the method of monodisperse growth. An ideal living anionic polymerisation is made up of an instantaneous initiation and a propagation reaction step. The method applied (monodisperse growth) has been specifically developed for the calculation and design of MWD in ideal living polymerisation. The method is based on the convolution method, but neglecting the dispersion caused by chain growth, consequently, the resulting MWD is only an approximate one. In this work also the assumption of instantaneous initiation has been used in order to simplify calculations. The calculated approximate MWDs have been tested against the precise ones calculated with slow methods for the sake of the tests. In addition, a design algorithm has been derived from the calculation method applied, and it has been applied to predict reactor conditions for polymerisation in a continuous stirred tank reactor (CSTR).

(Keywords: molecular weight distribution, design, method of monodisperse growth)

BEVEZETÉS

Megfelelő fizikai és kémiai tulajdonságok elérésével a műanyagok alkalmazhatósága és feldolgozhatósága széles spektrumon mozoghat. Ezeket a tulajdonságokat nagy mértékben befolyásolja a molekulatömeg-eloszlás. A reakció modellezésével költséges kísérletek nélkül vizsgálható a polimerizáció és az, hogy egyes paraméterek módosítása milyen változást idéz elő a termék molekulatömeg-eloszlásában.

Polimerizációs reakciók modellezésére több eljárás ismert. Az egyes számítási módszerek hatékonyságukban és pontosságukban különböznek egymástól aszerint, hogy milyen méretű differenciálegyenlet-rendszert oldanak meg, és a molekulatömeg-eloszlást pontosan vagy csak közelítőleg határozzák-e meg.

Arra törekedtünk, hogy olyan algoritmust dolgozzunk ki, amely gyors és kellő pontossággal képes megadni a modellből következő molekulatömeg-eloszlást. Módszerünket monodiszperz láncnövekedés módszerének nevezzük. Az algoritmus egyik fontos előnye, hogy a számolási sorrendet megfordítva, tervezési feladatok elvégzésére is alkalmas, a molekulatömeg-eloszlásból kiindulva becsülhetjük az előállításához szükséges reaktor-paramétereket.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A módszert folyamatos kevert tartályreaktorban végzett anionos homopolimerizációra dolgoztuk ki, erre az élő polimerizációs reakcióra a következő egyszerű modellegyenleteket írhatjuk fel:



Ahol k_{pn} az n egység hosszúságú polimer láncnövekedési lépés sebességi állandója, k_i az iniciálási reakcióhoz tartozó sebességi állandó, I az iniciátorkoncentráció, M a monomerkoncentráció, és P_n az n egység hosszúságú polimerlánc koncentrációja. A modell ideális élő polimerizációt ír le, nem tartalmaz lánczáródási lépést. Egy ilyen egyszerű mechanizmusú reakció felfogható egy többlépéses konszekutív reakciósorozatnak. Feltételezzük, hogy az egyes láncnövekedési reakciók sebességi állandója azonos értékű:

$$k_{p1}=k_{p2}=\dots=k_{pn}=k_p \quad (3)$$

Az (1-2) reakciók sebessége az alábbi formában adható meg:

$$r_i = k_i I \cdot M \quad (4)$$

$$r_{P_n} = k_p P_n \cdot M \quad (5)$$

Ahol r_i az iniciálási reakció sebessége, r_{P_n} az n hosszúságú lánc növekedésének reakciósebessége.

Ebben az esetben a modellre folyamatos kevert tartályreaktorban a következő differenciál-egyenletrendszert írhatjuk fel:

$$\frac{dI}{dt} = -k_i I M + \frac{I_{in} - I}{\tau} \quad (6)$$

$$\frac{dM}{dt} = - \sum_{n=1}^l k_p P_n M - k_i I M + \frac{M_{in} - M}{\tau} \quad (7)$$

$$\frac{dP_1}{dt} = -k_p P_1 M + k_i I M - \frac{P_1}{\tau} \quad (8)$$

$$\frac{dP_n}{dt} = \left[k_p P_{n-1} - k_p P_n \right] M - \frac{P_n}{\tau} \quad n=2, 3, \dots, l-1 \quad (9)$$

$$\frac{dP_l}{dt} = k_p P_{l-1} M - \frac{P_l}{\tau} \quad (10)$$

ahol τ a reaktorra vonatkozó tartózkodási idő. A modellre felírt differenciál-egyenletekben alkalmazott feltétel, hogy a betáplálási anyagáramok polimert nem tartalmaznak. Az egyenletrendszer felírásánál a figyelembe vett legnagyobb láncösszméretet (l) úgy kell megválasztani, hogy a számítás során ilyen méretű láncok már csak elhanyagolható mennyiségben keletkezzenek. A modell ideális reaktort feltételez, ennek megfelelően a tartályreaktorban tökéletes a keveredés, nincsenek helyi inhomogenitások.

Monodiszperz láncnövekedés módszere

A korábbi közleményeinkben ismertetett konvolúciós módszernek (Gosden *et al.*, 1995) egy egyszerűsített változata a monodiszperz láncnövekedés módszere amely elhanyagolja az eloszlás láncnövekedés okozta kiszélesedését, és csak az időben széthúzódó iniciálási lépések valamint a koreloszlás által okozott kiszélesedést veszi figyelembe (Meszéna, 1998; Meszéna *et al.*, 1998). Ennek megfelelően a molekulatömeg-eloszlást gyorsan határozza meg, hátránya viszont hogy csak közelítő, tehát nem pontos eredményt szolgáltat. A modellezési eljárás újdonsága, hogy kis számolási igénnyel nemcsak az eloszlás néhány momentumát, hanem magát az egész eloszlást modellezi. A módszernek egy tovább egyszerűsített változatában a monomerkoncentráció állandó és az iniciálás pillanatszerű (11)

1. ábra

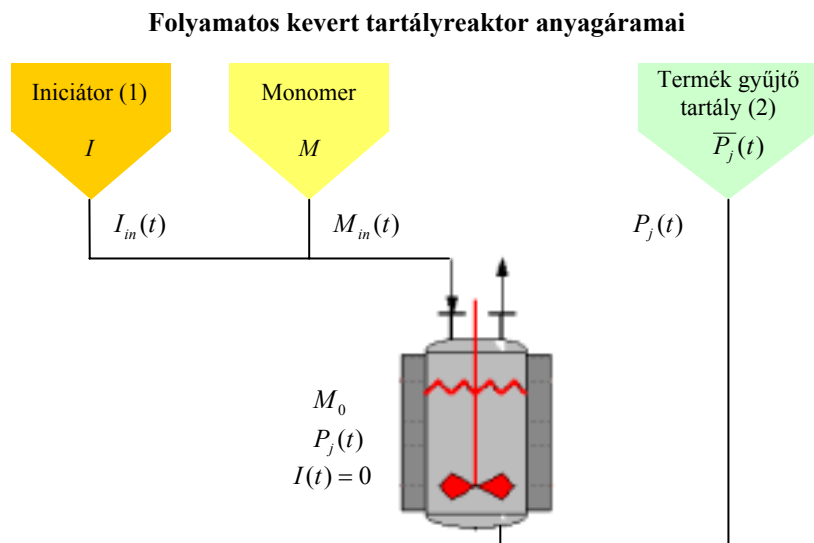


Figure 1: Feed and exit streams of a continuously stirred tank reactor

Initiator(1), Product tank(2)

A láncösszehozhoz tartozó polimerkoncentráció az adott pillanatban beadagolt iniciátormennyiségtől függ. Mivel a reakciómodell felépítése során pillanatszerű iniciálást feltételeztünk, az iniciátor már a belépés pillanatában egységnyi hosszúságú polimerként van jelen:

$$k_i \gg k_p \quad (11)$$

Így szakaszos reaktorban t időpillanatban a polimerkoncentráció:

$$P_j = I_{in} \cdot \delta(j - \mu(t)) \quad (12)$$

ahol δ az átlagos láncösszra centrált Dirac-delta disztribúció, P_j a j hosszúságú polimerlánc koncentrációja, I_{in} a betáplálási iniciátorkoncentráció.

A további számítások érdekében vezessük be azt a megszorítást, hogy a monomer koncentrációja a reaktorban állandó szinten tartható:

$$\frac{dM}{dt} = 0 \quad (13)$$

$$M(t) = M_0 \quad (14)$$

Ez a megkötés a módszerhez nem tartozik hozzá, bevezetése a később részletezett tervezési algoritmus levezetéséhez szükséges.

A t_{end} időpillanatban a reaktorból kilépő anyag szám szerinti molekulatömeg-eloszlása a konvolúciós módszer alapján:

$$P_j(t_{end}) = \int_{t=t_0}^{t_{end}} \delta[j - (\mu(t_{end}) - \mu(t))] \cdot e^{-\frac{t_{end}-t}{\tau}} \cdot \frac{I_{in}(t)}{\tau} dt \quad (15)$$

ahol $\mu(t)$ a $t_0=0$ időpillanatban növekedésnek induló láncok átlagos hossza, módosult kezdeti feltétellel: $\mu(0)=1$ a pillanatszerű iniciálás miatt.

Mivel a (15) egyenlet tartalmaz egy $\delta[j - \mu_{end} + \mu]$ Dirac-delta tagot, ezért csak a $\mu = \mu_{end} - j$ helyen vehet fel a függvény nullától különböző értéket, így az integrálás leegyszerűsödik. Figyelembe véve a kezdeti feltételeket és megszorításokat, a következő egyenletet kapjuk:

$$P_j(t) = e^{-\frac{j-1}{\tau \cdot k_p M_0}} \cdot \frac{1}{\tau \cdot k_p M_0} \cdot I_{in} \left(t - \frac{j-1}{k_p M_0} \right) \quad (16)$$

A közelítő átlagolt mólszám-láncössz eloszlást, idő szerinti integrálással nyerhetjük a (16) egyenletből [3]:

$$\overline{P_j}(t_{end}) = \frac{1}{t_{end}} \cdot \frac{1}{\tau k_p M_0} \cdot e^{-\frac{j-1}{\tau k_p M_0}} \cdot \int_{t=0}^{t_{end} - (j-1)/(k_p M_0)} I_{in}(t) dt \quad (17)$$

Ahol $\overline{P_j}(t_{end})$ a j hosszúságú polimerláncok időben átlagolt koncentrációja a t_{end} időpillanatban.

Az állandó monomerkoncentráció fenntartásához meg kell adnunk azt a betáplálási profilt, amely alkalmazásával ez elérhető. A betáplált monomer mennyiségnek fedeznie kell az iniciálásból ($I_{in}(t)/\tau$) és a láncnövekedésből ($k_p P(t)M_0$) adódó fogyást és az állandó szintnek (M_0) megfelelő anyagmennyiséget. A folyamatos kevert tartályreaktorra felírható mérlegegyenlet:

$$k_p P(t)M_0 + I_{in}(t)/\tau = [M_{in}(t) - M_0]/\tau \quad (18)$$

Tervezési algoritmus

A szokásos számítási menetet megfordítva egy anionos polimerizáció ismert molekulatömeg-eloszlásából kiindulva a folyamatos kevert tartályreaktor szükséges működési feltételeit meghatározhatjuk (Meszéna *et al.*, 1998).

Bizonyos paramétereket rögzítenünk kell a számítások elvégzéséhez, de ezek többnyire a gyakorlatban is kötött vagy korlátokon belüli értékeket vehetnek fel (reakciósebességi állandó, átlagos tartózkodási idő, monomer-koncentráció).

A paraméterek megadásával és a pillanatnyi mólszám-lánchossz eloszlás ismeretében az (16) egyenletből az iniciátorkoncentráció átrendezéssel kifejezhető (Farkas és Meszéna, 2002).

$$I_{in} \left(t_{end} - \frac{j-1}{k_p M_0} \right) = P_j(t_{end}) \cdot \tau \cdot k_p M_0 \cdot e^{\frac{j-1}{\tau \cdot k_p M_0}} \quad (19)$$

A reaktorbeli állandó koncentráció feltételezésére éppen abból a célból van szükség, hogy I_{in} egyszerűen képlettel (19) legyen számítható.

Hasonlóan meghatározható az időben átlagolt mólszám-lánchossz eloszlásból az adott polimer előállításához szükséges reaktorba belépő iniciátorprofil. Az (17) egyenletből átrendezéssel kapott képlet $F_j(t)$ függvény bevezetésével (Farkas és Meszéna, 2002):

$$I_{in} \left(t_{end} - \frac{j-1}{k_p M_0} \right) = -\frac{Da}{\tau} \cdot \frac{\partial F_j(t_{end})}{\partial j} \quad (20)$$

$$\text{ahol} \quad F_j(t) = \tau(j_{\max} - 1) \cdot e^{\frac{j-1}{Da}} \cdot \bar{P}_j(t) \quad (21)$$

A (20) képletben szereplő deriválás numerikusan megoldható.

Számolási stratégia

Az algoritmusra olyan számítási stratégiát dolgoztunk ki, amely szemlélteti a számolás során fellépő egyes eltéréseket.

Induljunk ki abból, hogy kézhez kapunk egy GPC diagramot. A GPC diagram egy analitikai eljárás (Gel Permeation Chromatography) eredményeként kapott görbe, ami összefüggésbe hozható a szám szerinti lánchossz-eloszlással (itt és a továbbiakban is a monomer egység tömegét az egyszerűség kedvéért 1-nek választjuk):

$$\text{GPC}(j) = j^2 \cdot \text{NCLD}(j) \quad (22)$$

A kiindulási GPC olyan polimert jellemez, amely számunkra megfelelő tulajdonságokkal rendelkezik, és szeretnénk ilyen anyagot a rendelkezésünkre álló folyamatos kevert tartályreaktorral előállítani. Ebben az esetben a tervezési algoritmussal a reaktor paramétereinek (térfogat, áramlási sebesség, és az ezekből levezethető koreloszlás) és a polimer anyagi minőségéből adódó tulajdonságok (láncnövekedési lépés reakciósebességi állandója) ismeretében levezethető az anyag előállításához szükséges belépő iniciátor- és monomer-koncentráció profil.

A tervezési algoritmussal kapott betáplálási profilokból szintén számításokat végzünk. A monodiszperz láncnövekedés módszerével és egy elhanyagolásokat nem tartalmazó algoritmussal is meghatároztuk a GPC diagramokat, és összehasonlítottuk, milyen mértékű eltérés tapasztalható a kapott két eloszlás között.

Ilyen egyszerűsítő feltételezéseket nem tartalmazó számítási módszer, ha felírjuk a modellre vonatkozó összes differenciálegyenletet (6-10), és megoldjuk azokat valamilyen numerikus módszerrel. Ebben az esetben a modellnek megfelelő (1-2) „pontos” molekulatömeg-eloszlás képét kapjuk meg. Mivel a differenciálegyenlet-rendszer több ezer egyenletből is állhat, megoldásuk még numerikus módszerekkel is nehézkes. Erre a speciális problémára kidolgozott, molekulatömeg-eloszlás számítására szolgáló program a Predici. Mivel a program a rendszerre felírható differenciálegyenlet-rendszert oldja meg, eredménye a modellre vonatkozó pontos molekulatömeg-eloszlásnak tekinthető. Ha a monodiszperz láncnövekedés módszerével kapott eloszlást és a pontos eloszlást összehasonlítjuk, megvizsgálható, hogy a láncnövekedés okozta kiszélesedést elhanyagolva mekkora hibát vétünk az eloszlás meghatározásában.

2. ábra

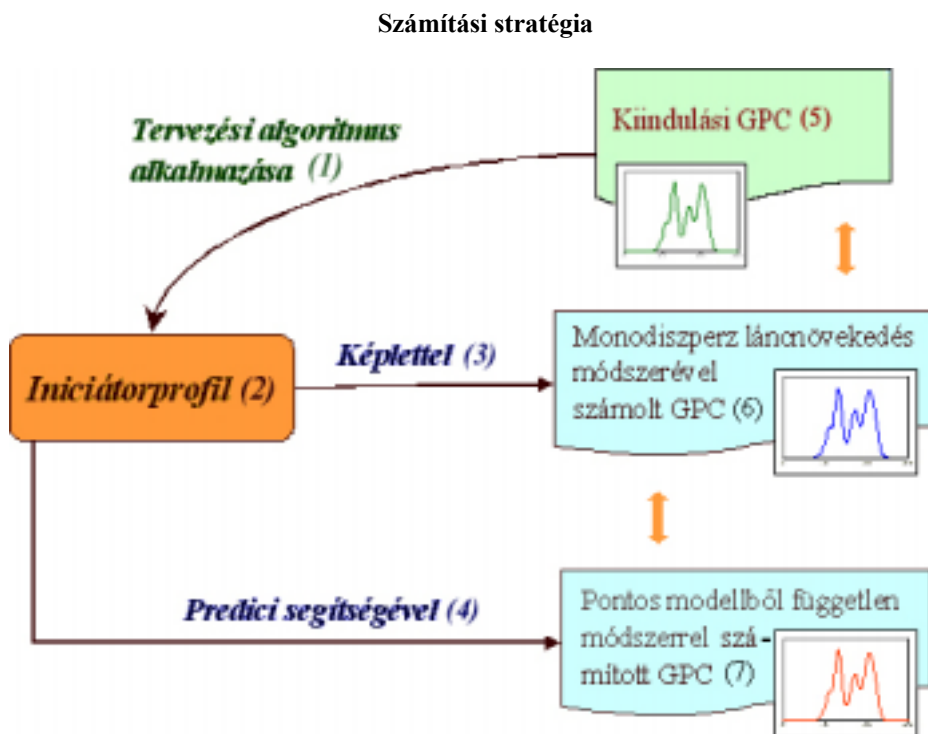


Figure 2: Calculation strategy

Inverse process(1), Initiator profile(2), Monodisperse growth(3), Calculated with Predici(4), Target GPC(5), Predicted GPC(6), Calculated GPC by standard method(7)

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELES

Tetszőleges molekulatömeg-eloszlás tervezése folyamatos kevert tartályreaktorban

A termelés során keletkező anyagot egy szedő tartályban gyűjtjük és ezt a polimer keveréket elemezve kapjuk az időben átlagolt GPC-t. Az időben átlagolt

molekulatömeg-eloszlás tervezésére kidolgozott algoritmus igazolására a számítások Excel és Matlab környezetben írt programokkal készültek.

A 2. ábrán ismertetett stratégia szerint a számítást egy „Tervezett GPC”-ből indítjuk. Ebből a molekulatömeg-eloszlás a (20-21) transzformáció szerint adódik. Az átlagos tartózkodási idő, a monomerkoncentráció és a reakciósebességi állandó ismeretében a belépő iniciátorprofil visszaszámolható. Az ilyen módon becsült betáplálási iniciátorprofilból a monodiszperz láncnövekedés módszerével és a Predici program segítségével is meghatároztuk a molekulatömeg-eloszlást és a GPC diagramokat. A kiindulási és kapott eloszlások ezután páronként összehasonlíthatók.

A példában a kiindulási GPC diagramot két Gauss görbe összegéből állítottuk elő. Az átlagos lánc hossz és a szórás mellett egy súly faktort is alkalmaztunk, ezzel a faktoriall beszorozva a Gauss görbét beállíthatók a megfelelő koncentrációértékek.

1. táblázat

A GPC diagram generálásához felhasznált Gauss görbék paraméterei

Sorszám (1)	Átlagos lánc hossz (a görbe várható értéke) (2)	Görbe szórása (3)	Súly (4)
1	200	70	12
2	400	60	5

Table 1: The parameters of Gauss distributions (components of the target GPC)

Number(1), Average chain length (expected value)(2), Standard deviation(3), Weight(4)

Gyakorlatilag 1000 monomer-egységnél hosszabb lánc mennyisége elhanyagolhatóan kicsi a polimerben, a maximális lánc hossz 2000-nek állapítottuk meg, a koncentráció itt már nullának tekinthető.

A számoláshoz szükséges további adatok:

- $Da=200$
- $\tau=100$ (s)

A Gauss görbékkel létrehozott GPC-ből számolt iniciátor-profilon a GPC diagramnak megfelelően két jól elkülönülő maximum látható. Az első kisebb csúcsból a hosszabb láncok keletkeznek (400-as átlagos lánc hosszú maximum), a második, később beadagolt iniciátorcsúcsból a rövidebb láncokból felépülő (200-as átlagos lánc hosszú) maximum keletkezik. Negatív koncentrációértékeket is kaptunk, ezeket 0 értékre korrigáltuk. A tervezési algoritmusban szereplő derivált függvény ha pozitív eredményt szolgáltat, akkor állnak elő a negatív koncentráció-értékek. Ennek megfelelően bizonyos időben átlagolt GPC-k ebből az elvi okból adódóan csak közelítőleg állíthatók elő. Emellett a becsült iniciátor-profilra meg kell szabni egy maximum-értéket is, hiszen az iniciátor-koncentráció maximumának is elvi korlátai vannak, a túl magas koncentrációkat egy I_{inMax} értékre állítottuk be.

$$I_{inMax}=0,02 \text{ (mol/dm}^3\text{)}$$

Az iniciátor maximumok és a módosított értékek viszonyából becsülhető, hogy a korrekciókból adódóan hol várható eltérés a tervezett és a kapott GPC közt.

3. ábra

Tervezett GPC

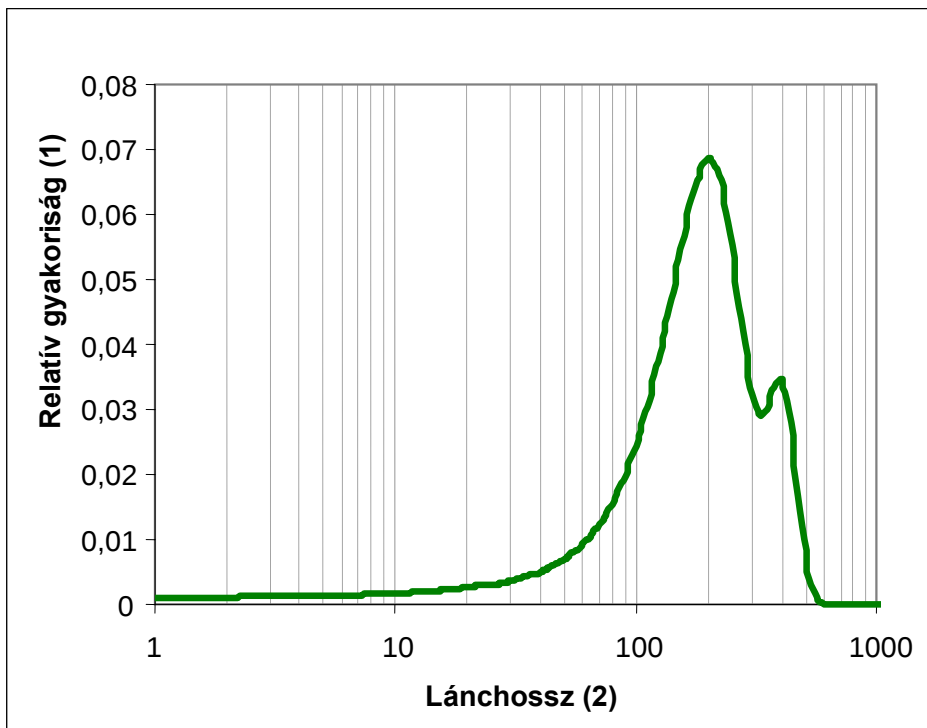


Figure 3: Target GPC

Relative prevalence(1), Chain length(2)

Korrigáltuk a koncentrációt a két iniciátor maximum közti tartományban, ami feltételezhetően a két GPC csúcs maximuma közti 200-400 lánchossz-tartományban fog módosulást előidézni, továbbá korrigáltuk a $t=920-970$ másodperces időtartományt, ami várhatóan a 200 egységnél rövidebb láncok mennyiségét fogja megváltoztatni, hiszen a legkésőbb beadagolt iniciátorból csak a legrövidebb láncok keletkezhetnek.

A korrigált iniciátor-profilból monodiszperz láncnövekedés módszerével (17) és Predicivel is meghatároztuk a GPC diagramot (6. ábra).

A tervezett és kapott GPC-k közt eltérések adódtak a várakozásoknak megfelelően a korrekciók miatt (5. ábra). Ennek ellenére jelentős hiba nem jelentkezett. A maximumok helye és relatív magassága egyezik, ez alátámasztja azt a feltételezést, hogy a tervezett és a közelítő módszerrel kapott GPC-k közti eltérés csak a korrekcióknak köszönhető.

Összehasonlítva az iniciátor-profilból közelítő- illetve pontos módszerrel számított GPC-ket (7. ábra) jól látható, hogy a korrigált iniciátor-profilból kiinduló számítások eredményei közt gyakorlatilag nincs eltérés. Ha összevetjük a relatív hiba görbét a molekulatömeg-eloszlás képével (6. ábra), látható, hogy a nagyobb hibák a kis

menyiségben jelenlevő hosszú láncoknál tapasztalhatók (esetenként 40%), viszont ebben a tartományban az abszolút hiba a kis koncentrációértékekből adódóan kicsi. Az időben átlagolt molekulatömeg-eloszlás számításánál más példákban is tapasztalható, hogy jelentősebb relatív hibák csak a hosszabb lánc hosszaknál jelentkeznek, amelyek eredményben jelentkező negatív hatása kiküszöbölhető, ha kellően nagy maximális időt vagy maximális láncosszt választunk.

4. ábra

A tervezett időben átlagolt GPC-ből visszszámolt belépő iniciátor-profil és a korrigált iniciátor-profil

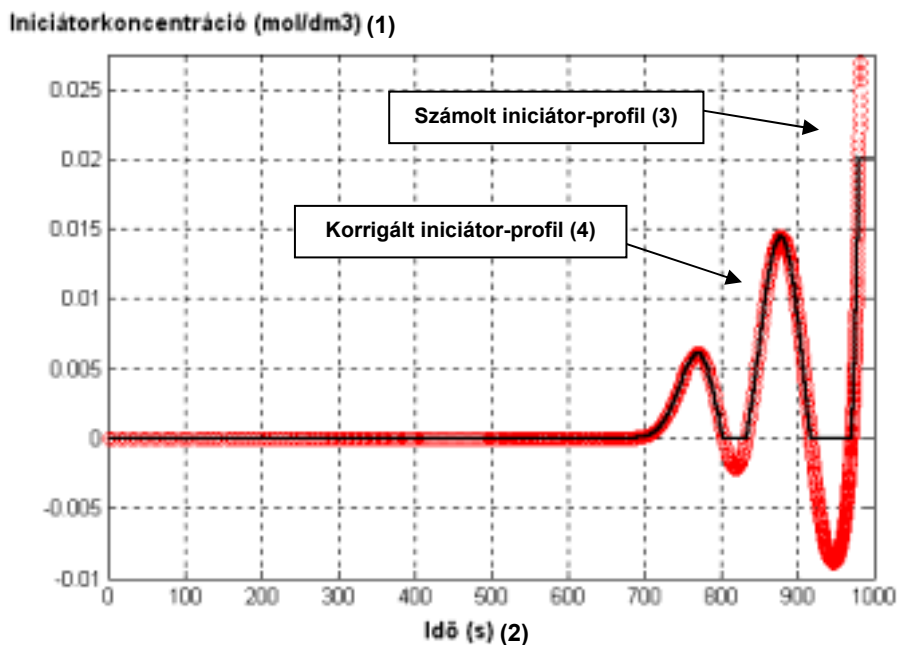


Figure 4: Calculated initiator input profile before and after feasibility correction

Initiator concentration (mol/dm^3)(1) Time (s)(2), Calculated initiator profile(3), Corrected initiator profile(4)

Ebből az a következtetés vonható le, hogy a tervezett és számított GPC-k közti eltérések legnagyobb részben az iniciátor-profil korrigálása miatt lépnek fel, hiszen a monodiszperz láncnövekedés módszerén alapuló tervezési algoritmus a molekulatömeg-eloszlás számítására szolgáló képletből átrendezésből nyerhető, a numerikus integrálás és deriválás hibája pedig egyenletesen az egész tartományon jelentkezne.

Tehát a láncnövekedés okozta kiszélesedés a vizsgált időben átlagolt molekulatömeg-eloszlásnál nem jelentős az egyéb hatásokhoz képest, így a számítások egyszerűsítése érdekében elhanyagolása indokolt volt.

5. ábra

Tervezett időben átlagolt GPC és a belőle meghatározott iniciátorprofilból monodiszperz láncnövekedés módszerével kapott időben átlagolt GPC összehasonlítása

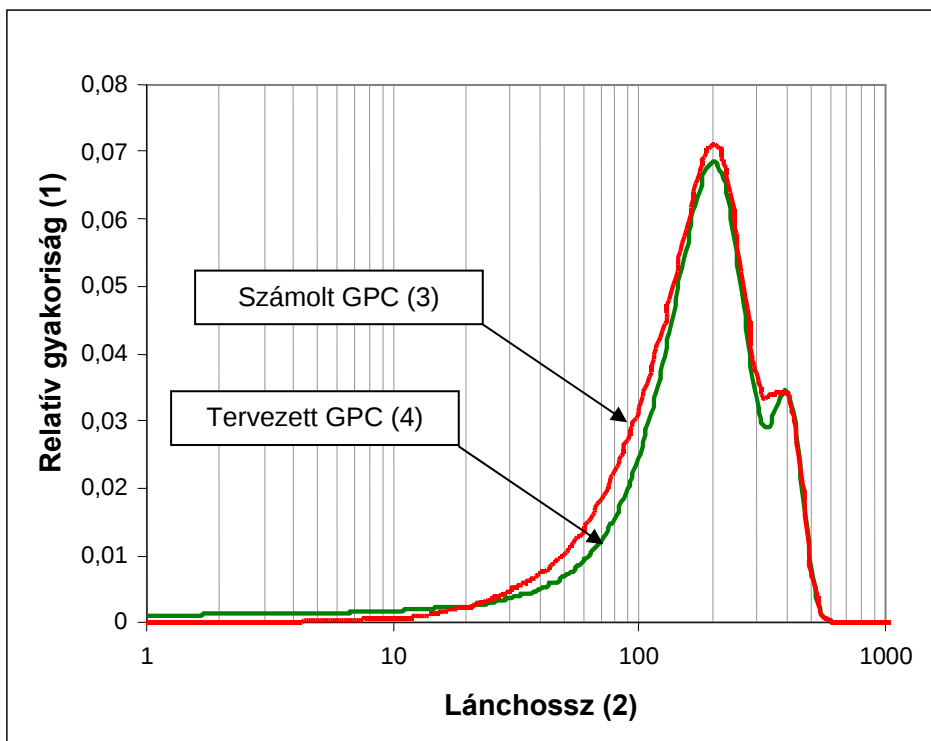


Figure 5: Comparison of the target GPC with that of predicted by monodisperse growth

Relative prevalence(1), Chain length(2), Calculated GPC(3), Target GPC(4)

Periodikus iniciátorprofilból kapott molekulatömeg-eloszlás

Felmerül a kérdés, hogy elő tudunk-e állítani tetszőleges molekulatömeg-eloszlású terméket nagy mennyiségben folyamatos kevert tartályreaktorban. Az előző példákban látszik, hogy egy tervezett GPC-hez elő tudunk írni olyan iniciátor-profilt, amivel ez megvalósítható - feltéve, hogy a gyártás kezdetén nincs polimer a reaktorban. Eredményként a kívánt anyagot a szedő tartályban megkapjuk, viszont a reaktorban visszamarad egy ettől eltérő molekulatömeg-eloszlású "melléktermék". A reaktorban maradó anyag veszteségnek számít. Esetleges felhasználása további vizsgálatok tárgyát képezheti. Fenti veszteség tetszőlegesen csökkenthető, ha a termelést folyamatossá tudjuk tenni, vagyis ha periodikus iniciátor-profilt tudunk előírni.

6. ábra

**A betáplálási iniciátor-profilból monodiszperz láncnövekedés módszerével és
Predicivel meghatározott GPC összehasonlítása**

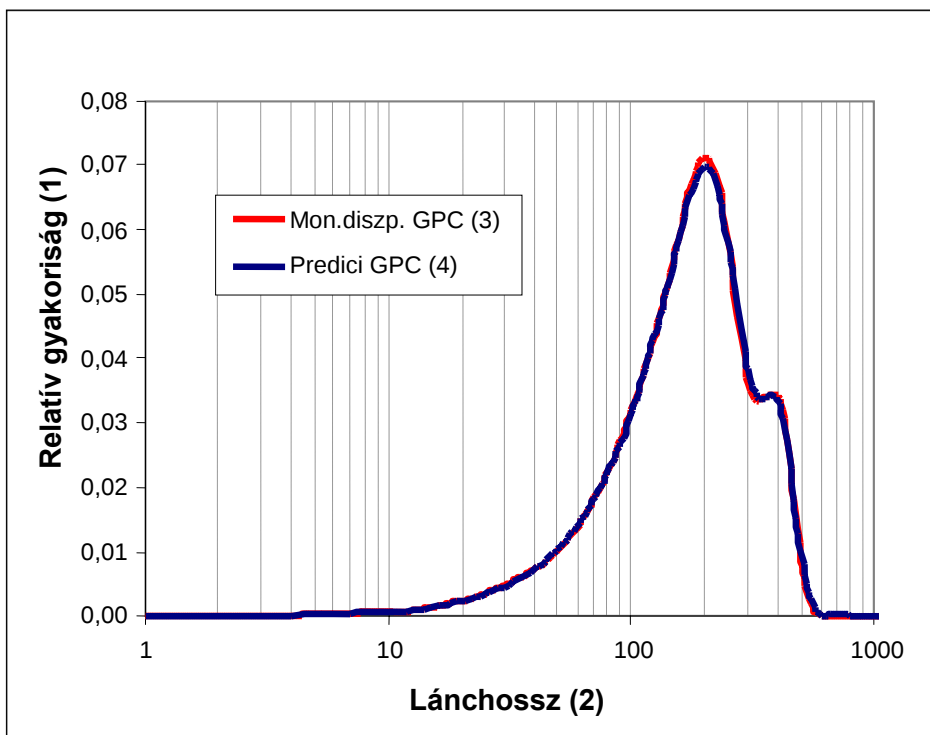


Figure 6: Comparison of predicted GPCs

Relative prevalence(1), Chain length(2), Monodisperse growth(3), Standard method (calculated with Predici)(4)

A 8. ábrán látható jelet periodikusan ismételve azt tapasztaltuk, hogy az eloszlások egyre inkább belesimulnak egy határgörbébe, amelyről bebizonyosodott, hogy a Schulz-Flory eloszlás. Folyamatos kevert tartályreaktor esetén Schulz-Flory eloszlású terméket a legegyszerűbben konstans iniciátor-beadagolással érhetünk el.

A 9. ábrán nyomon követhető, hogy a reakcióidő növelésével (egyre nagyobb periódusszámmal), megnő a hosszú láncok relatív mennyisége, hiszen egyre több idő áll rendelkezésre, hogy a reaktorból kiürüljön a korábbi periódusokkal bekerült, növekedésnek indult polimer.

Eredményként azt kaptuk, hogy - az iniciátorprofil alakjától függetlenül - az összegyűjtött termék molekulatömeg-eloszlása minden esetben a Schulz-Flory eloszláshoz tart, tehát folyamatos kevert tartályreaktorban nem állítható elő periodikus beadagolással különleges molekulatömeg-eloszlású polimer.

7. ábra

Monodiszperz láncnövekedés módszerével számolt GPC relatív hibája (Predicivel meghatározott GPC-re vonatkoztatva)

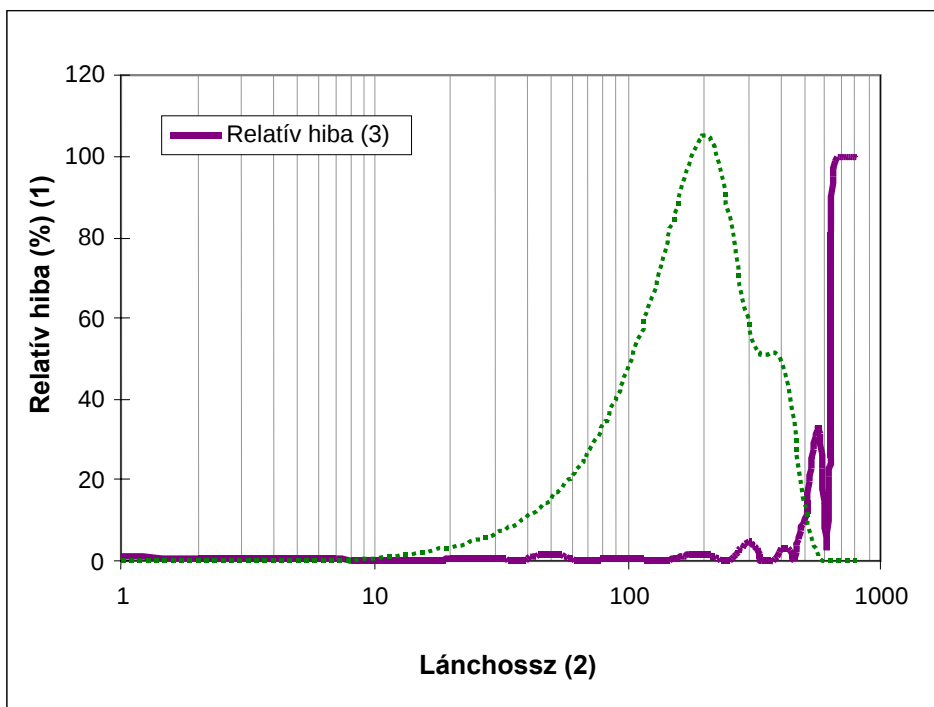


Figure 7: Relative error of predicted GPC

Relative error %(1), Chain lenght(2), Relative error(3)

Összefoglalva, munkánk során a monodiszperz láncnövekedés módszerét használva élő polimerizációt modelleztünk, amely egy pillanatszerű iniciálási reakcióból és egy láncnövekedési lépésből áll. A módszer speciálisan élő polimerizációk molekulatömeg-eloszlására és tervezésére szolgál. A konvolúciós módszeren alapul, de elhanyagolja a láncnövekedés okozta kiszélesedést és pillanatszerű iniciálást feltételez, ezzel tovább egyszerűsíti és gyorsítja a számítást, de ebből adódóan csak közelítőleg képes meghatározni a molekulatömeg-eloszlást. Megvizsgáltuk, hogy az ilyen módon meghatározott közelítő molekulatömeg-eloszlás milyen jól közelíti a tényleges eloszlás képét, és a módszerből levezethető tervezési algoritmus milyen pontossággal képes meghatározni a reaktor működtetéséhez szükséges paramétereket.

8. ábra

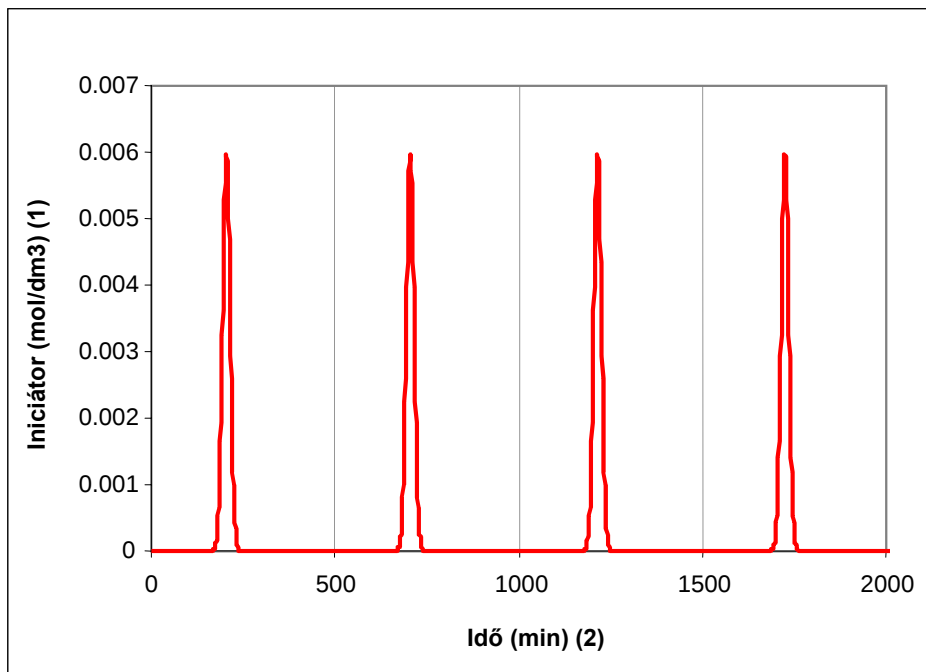
Periodikus iniciátor-betáplálás négy periódus esetén ($k=4$)

Figure 8: Periodic initiator input with 4 periods

Initiator (mol/dm^3)(1) Time (min)(2)

GPC diagramok tervezésénél azt tapasztaltuk, hogy az időben átlagolt eloszlás tervezésének pontosságát nagymértékben befolyásolja, hogy az algoritmussal meghatározott iniciátor-profilon kell-e korrekciókat végezni. Amennyiben a profil nem tartalmaz nagyon magas vagy negatív értékeket (tehát nincs szükség korrekcióra), a módszer pontos eredményt szolgáltat, a láncnövekedés okozta kiszélesedés csak kis mértékben módosítja az eloszlás képét, ezért a számolások során ez a hatás elhanyagolható.

Felmerült a kérdés, hogy elő tudunk-e állítani tetszőleges molekulatömeg-eloszlású terméket nagy mennyiségben. Ennek megfelelően megvizsgáltuk, hogy egy tervezési algoritmussal nyert iniciátor-profil periodikusan ismételve milyen eloszlást kaphatunk. Azt tapasztaltuk, ha a periódusszám a végtelenhez tart, az eloszlás képe közelít a Schulz-Flory eloszláshoz, tehát folyamatos termeléssel nem állítható elő különleges, több maximumot tartalmazó időben átlagolt molekulatömeg-eloszlást. A probléma kiküszöbölésére más reaktorkonfigurációra tértünk át, és megvizsgáljuk, hogy a tervezési algoritmus hogyan működik és milyen eredményt szolgáltat csőreaktor és reaktorkaszád feltételezésével.

9. ábra

Periodikus iniciátor-profil hatása a molekulatömeg-eloszlásra

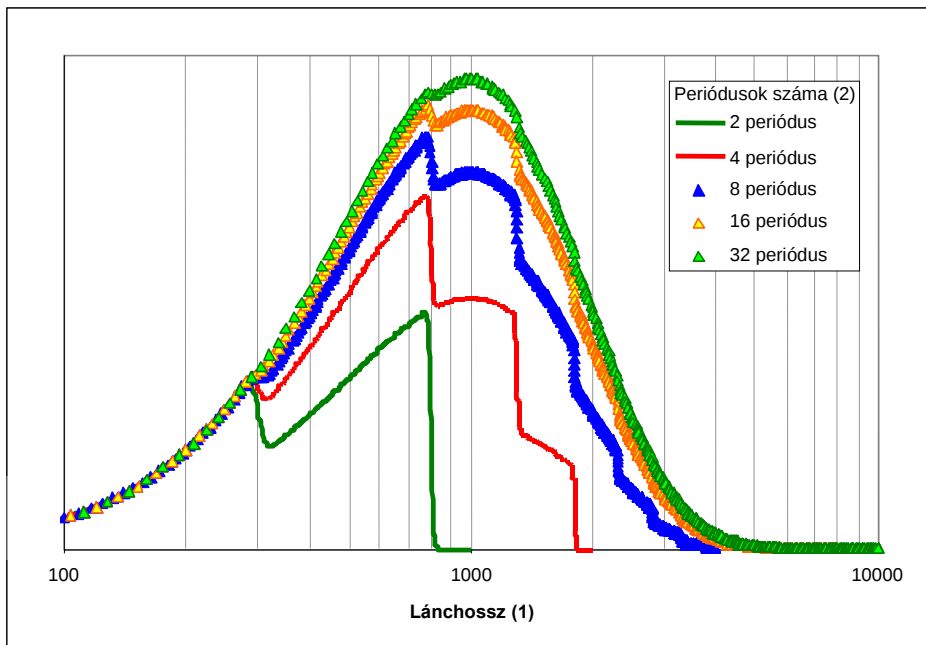


Figure 9: Predicted GPC for periodic initiator input

Chain length(1), No of periods: 2, 4, 8, 16, 32(2)

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők köszönetüket fejezik ki az Országos Tudományos Kutatási alaphoz a T 030065 számú kutatási támogatásért valamint a Leeds-i kutatócsoportnak (IRC in Polymer Science and Technology, School of Chemistry, University of Leeds, UK), hogy rendelkezésükre bocsájtották a Predici szoftvert.

IRODALOM

- Gosden, R.G., Auguste, S., Edwards, H.G.M., Johnson, A.F., Meszéna, Z.G., Mohsin, M.A., (1995). Living Polymerisation Reactors: Part I. Modelling and simulation of flow reactors operated under cyclical-steady-state feed conditions for the control of molecular weight distribution. *Polym. React. Eng.*, 3. 331-359.
- Meszéna, Z.G. (1998). Molekulatömeg-eloszlás számítása élő polimerizációs reakciónál. *Műanyag és Gumi*, 35. 293-300.
- Meszéna, Z.G., Viczian, Z., Gosden, R.G., Mohsin, M.A., Johnson, A.F. (1999). Towards tailored molecular weight distributions through controlled living polymerisation reactors: a simple predictive algorithm. *Polym. React. Eng.*, 7. 71-95.

- Farkas E., Meszéna Z. (2002). Molekulatömeg-eloszlás számítása és tervezése élő polimerizációs reakcióknál. Műszaki Kémiai Napok, Veszprém.
- Meszéna, Z.G., Gosden, R.G., Johnson, A.F. (1998). Molekulatömeg-eloszlás tervezése élő polimerizációs reakcióknál, Műszaki Kémiai Napok, Veszprém.

Levelezési cím (*Corresponding author*):

Farkas Eszter

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Kémiai Informatika Tanszék

1111 Budapest, Gellért tér 4.

Budapest University of Technology and Economics

Department of Chemical Information Technology

H-1111 Budapest, Gellért tér 4.

Tel.: +36-1-463-4338, Fax: +36-1-463-3953

e-mail: farkase@freemail.hu

Rövidített útmutató a kéziratok elkészítéséhez

A folyóirat tárgyköre magában foglalja az állati termék előállítás teljes vertikumát, az állatok elhelyezésétől a nemesítésen, takarmányozáson, szaporításon és egészségvédelmen át az állati termékek feldolgozásáig, ill. értékesítéséig, beleértve e részterületek elméleti, alapozó vonatkozásait is, mint pl. az élettant, a mezőgazdasági kémiát, valamint vizsgálati módszereiket. Ezeken túlmenően helyet kapnak a növénytermesztés, az ökonómia, a környezetvédelem tárgykörét érintő közlemények is.

Az Acta Agraria Kaposváriensisben csak olyan írások közölhetők, melyek más kiadványban még nem jelentek meg -kivéve a kongresszusi előadásokat-, ill. amelyeknek nincs folyamatban publikálásuk. A kéziratot az alábbi címre kell eljuttatni.

Acta Agraria Kaposváriensis Szerkesztőbizottsága
Pannon Agrártudományi Egyetem, Állattenyésztési Kar
7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.
Tel.: 36-82-314-155, Fax: 36-82-320-175
e-mail: kutszerv@atk.kaposvar.pate.hu

A cikket 3 példányban, *dupla sorközzel*, Winword 6.0 (vagy hasonló és konvertálható) szövegszerkesztő programmal, *Times New Roman CE betűvel* (12-es nagyság) sorkizárt formában, A4-es méretben, a lapnak csak az egyik oldalára gépelve kérjük benyújtani. A kézirat ne haladja meg a 8000 szót, ami kb. 20 oldalnak felel meg, mely ábrákkal, összefoglalással és irodalomjegyzékkel együtt értendő. Kivételes esetben, a szerkesztőbizottság hosszabb cikkek elfogadására is javaslatot tehet. A cikkek nyelve magyar, vagy angol.

A *cím* legyen tömör, maximum 20 szóból álljon, 20-as nagyságú félkövér betűvel írva, középre igazítottan. Felette kérjük adja meg a fejléc szövegét is. A szerző(k) nevét 15-ös normál betűvel kérjük írni, középre illesztve. Magyar nyelvű cikknél pl. Kiss J., Martin, T.G., Tóth J., angolnál, J. Kiss, T.G. Martin, J. Tóth legyen az írásmód. A szerzők neve alá 10-es normál betűvel írják a munkahelyet, címmel együtt, középre rendezetten.

Az első *összefoglaló* a kézirat nyelvével megegyező, a második - angol közlemény esetén magyar, magyar cikk esetén angol legyen. Az összefoglalás szót középre illesztve, 15-ös döntött félkövér nagybetűvel, szövegét 12-es normál döntöttel kérjük írni. Mindkét összefoglalót követően zárójelben adják meg a közlemény kulcsszavait, normál betűvel (max. 5 szó, vagy fogalom). Az összefoglalás ne haladja meg a 200-250 szót (egy oldal). A kézirat nyelvével ellentétes összefoglaló címét 12-es normál félkövér betűvel, szerzőinek nevét 12-es, munkahelyét 10-es normállal kell írni, középre igazítva.

Az egyes *fejezetek* (bevezetés stb.) címét középre illesztve 15-ös nagy, az alcímeket balra rendezetten 12-es normál félkövér betűvel kérjük írni. A bekezdések (kivéve a fejezet és alfejezet kezdőt, ill. a táblázat, ábra, kép, "francia jelzésű" (-) rész utáni első), egy tabulátor jellel kezdődjenek. A kiemelő szavak és mondatrészek jelölése dőlt betűvel történjen.

A dolgozat tartalmáért írói felelnek. A beérkezett kéziratot a szerkesztőség lektoráltatja, majd visszaküldi a szerzőnek javításra, ha szükséges. A javított kéziratot két pld.-ban kinyomtatva ill. 3.5"-es mágneslemezen kérjük a szerkesztőséghez eljuttatni.

A közlemény részei

Bevezetés

A szövegben a hivatkozást a szerző(k) családnévvel (dőlt betűvel írva) és a mű megjelenésének évszámával (zárójelbe téve) kérjük megadni. A név kiemelésekor a zárójel elmarad.

Anyag és módszer

Eredmény és értékelés

A megjelenő cikkben, ebben a fejezetben nyernek majd elhelyezést a táblázatok, ábrák stb. A kéziratban, azonban csak azok tervezett helyét kérjük megjelölni. A jobb szerkeszthetőség érdekében a táblázatok és ábrák a cikk végén, külön-külön oldalon szerepeljenek. A szövegben hivatkozzon rájuk (a sorszám után a táblázat szót dőlt betűvel írva).

Következtetések

Köszönetnyilvánítás (ha szükséges)

Irodalom

Csak a közleményben idézett műveket tartalmazhatja. Ezeket sorszám nélkül, az első szerző családi neve szerint ABC sorrendben kell felsorolni. Hivatkozásként, az összes szerzőt tüntesse fel, vesszővel elválasztva. Ezt, a megjelenés évszáma kövesse, zárójelbe téve, majd a mű címe, a folyóirat megnevezése (ha van, nemzetközileg elfogadott rövidítéssel), az évfolyam- és kötetszám, a szám, ill. a közlemény kezdő és befejező oldalszáma (kötőjellel) írandó. Könyv esetén a szerző(k) neve és az évszám után a könyv címe eredeti nyelven, a kiadó neve, székhelye és az oldalszám következzen. A publikáció második, ill. további sora egy tabulátor jellel kezdődjön, az első szerző kiemelése érdekében.

Levelezési cím (az első szerző posta, ill. e-mail címe, telefon- és faxszáma)

Táblázat, ábra, kép stb.

Elhelyezésüket a cikk végére kérjük, külön-külön oldalra. Fejezetben belül, csak azok tervezett helyét jelöljék. A táblázat, ábra... sorszámát balra rendezetten, címét középre illesztve, 12-es félkövér betűvel kell írni. A diagramokat Excelben javasoljuk megrajzolni. A táblázatokat a Winword táblázat szerkesztőjével készítsék, az ábrákat azonban - a konvertálhatóság miatt - ne a beépített rajzolójával alkossák meg, hanem használjanak helyette pl. Corel Draw, AutoCAD... programot. A táblázatok stb. alatt közöljék először a cím, majd a szöveges rész (zárójelben számozva) fordítását. A diagramok, rajzok... forrás fájljait is kérjük mellékelni. A fekete-fehér fotók hátoldalán a szerző(k) nevét és az ábra számát tüntessék fel. Az utóbbit, a hozzá tartozó címmel együtt listán szíveskedjék csatolni. *(Részletes útmutatót a szerkesztőbizottság kérésre postán küld!)*

Rövidített útmutató az áttekintő (review) cikk készítéséhez

Korlátozott számban a szerkesztőség elfogad un. áttekintő (review) közleményt is, amennyiben a feldolgozott téma szakmai aktualitásához nem fér kétség és az elmúlt 3 évben az adott témakörben nem jelent meg sem hazai, sem külföldi szakfolyóiratban hasonló témájú dolgozat. Az áttekintő cikk elkészítésének technikai követelményei (sortávolság, betűnagyság, szövegszerkesztő program stb.) és általános előírásai (terjedelem, a kézirat nyelve...) megegyeznek a korábban leírtakkal.

Az áttekintő cikknek az alábbi fontosabb fejezeteket kell tartalmaznia:

- összefoglalás
- bevezetés (célkitűzés)
- következtetések
- irodalom

Guidelines in brief for the preparation of manuscripts

The subject sphere encompassed by the journal covers the entire spectrum of the production of animal products, ranging from livestock accommodation, via breed improvement, nutrition, reproduction and the maintenance of health to the processing and marketing of animal products, including the respective theoretical, fundamental aspects of these subfields, such as physiology and agricultural chemistry, and also pertinent examination methods. In addition to these topics space in the journal is also devoted to publications relating to the fields of plant production, economics and environmental protection.

The Acta Agraria Kaposváriensis accepts only papers which have not appeared in other publications, the exception being congress presentation; nor should they be in the process of publication. Scripts should be submitted to following address:

Acta Agraria Kaposváriensis Editorial Board
Pannon University of Agriculture, Faculty of Animal Science
H-7400 Kaposvár, Guba S. u. 40.
Tel.: 36-82-314-155. Fax: 36-82-320-175
e-mail: kutszerv@atk.kaposvar.pate.hu

Three copies of the paper should be submitted; these should be typed *double* spaced using Winword 6.0 (or a similar, convertible programme) in *Times New Roman CE* font, with 12 pt character size and in justified paragraph form. Copies should be printed on A4 paper, only one side to be used. Manuscript length should not exceed 8000 words, which corresponds approximately to 20 pages. This length of 20 pages is to include any tables and illustrations used, in addition to the abstract and references. In exceptional cases the editorial committee may recommend that longer articles be accepted. The language of articles should be Hungarian or English.

Titles should be concise, consisting of a maximum of 20 words, and should be typed in bold 20 pt size characters. Authors are requested to include the text for the running head above the title. Authors' names should be typed, centred, using normal 15 pt size characters. For articles written in Hungarian the form Kiss J., Martin, T.G., Tóth J. should be used; for articles written in English, J. Kiss, T.G. Martin, J. Tóth. The place of employment of each author and the address of the institution/company should be entered, centred, beneath the authors' names, using normal 10 pt size characters.

The first *abstract* is to be in the language of the paper; the second should be in Hungarian for articles written in English and vice versa. Authors are requested to ensure that the title of each abstract is written centred and in bold italic 15 pt upper case characters, while its text should be written in 12 pt size normal italics. At the end of each abstract the relevant keywords should be given in brackets, typed in normal characters (max. 5 words or concepts). The abstract should not exceed 200-250 words (one page) in length. The title of the abstract written in the language not used in the paper should be written, centred, in 12 pt normal bold characters, followed by the names of the authors in normal 12 pt characters, and subsequently the place of employment of each author in normal 10 pt characters.

Titles of the respective *sections* (introduction, etc.) should be written centred and in 15 pt size bold upper case characters. Subtitles are to appear aligned to the left in 12 pt size bold lower case. Paragraphs (with the exception of those beginning sections or subsections, and the first paragraph after table, diagram, illustration or text in French style layout (i.e., points beginning with dashes or bullets)) should begin with one tabulator space indentation. Authors are requested to mark in italics any words or phrases to be emphasised.

Constituent sections of the publication

Introduction

Authors are requested to bracket after each reference the surname of the author(s) (in italics) and the year of publication of the work to which reference is made. If the name is stressed as a component part of the text it should not be bracketed.

Material and method

Results and discussion

This section of any paper to be published should include table, diagrams, etc.. Authors are however requested simply to mark in the text positions allocated to such graphic items. In the interest of achieving better editability tables, diagrams, etc. should appear at the end of the paper, on separate pages, in the script submitted. Reference should be made in the text to such inclusions (in italics, the word *table* followed by its number).

Conclusions

Acknowledgements (if applicable).

References

These should include only works referred to in the publication. References should be listed without numbers, in alphabetical order of main author's surname. For each citation made the names of all authors contributing to article should be quoted, separated by commas. The year of publication should follow in brackets, and subsequently the title of the work, the title of the journal in which it appeared (where appropriate using internationally recognised abbreviations), the year of publication or volume number and the first and last page numbers (separated by a hyphen) in the publication of the relevant paper. Where books are cited, the name(s) of the author(s) and the year of publication should be followed by the original title of the book in its language of publication, the name of the publishing company and the town/city in which it is based, and the numbers of the pages cited. Authors are requested to ensure that the second and subsequent lines of each reference begin with one tabulator space indentation, to give prominence to the name of the main author.

Correspondence address

The postal and e-mail address of the main author, and telephone and fax numbers on which he/she may be contacted, should be included.

Tables, diagrams, illustrations, etc.

Authors are requested to position such inclusions at the end of the paper, on separate pages. The positions allocated to these should be marked within the appropriate section of the text. Numbers of tables, diagrams, etc. should be aligned to the left and their titles centred, both in 12 pt size bold characters. It is requested that Microsoft Excel be used for the composition of diagrams. Tables may be compiled with the Winword table facility; however, in the case of other figures, due to the need for convertibility, the drawing facility installed with Winword should not be used, but a separate programme such as Corel Draw or AutoCAD. Beneath each table etc. authors should include a translation into the language (English or Hungarian) not used in the paper of the title and the text components (with referring numbers in brackets). It is requested that source files for diagrams, illustrations etc. be enclosed with the submitted paper. Black and white photographs should be marked on the reverse side with the name(s) of the author(s) submitting them and their illustration number. Authors should include a list of illustration titles with their respective numbers.

(Detailed guidelines will be posted on request by the editorial board.)

Guidelines for the composition of review articles

The editorial board will also accept a limited number of review articles, should there be no doubt as to the professional topicality of the subject dealt with and providing that no paper on a similar topic within the given subject sphere has been published in the previous three years in any Hungarian or international journal. The technical stipulations for the composition of review articles (length, language used, etc.) correspond to those outlined above for the preparation of manuscripts.

Review articles should consist of the following:

- abstract
- introduction (objective)
- conclusions
- list of literature cited.

TARTALOM

<i>Katona E.</i>	
Szkennelt térképek automatikus interpretációja	1
<i>Purger Z.</i>	
A KÜVET készítésének tapasztalatai és alkalmazási lehetőségei	17
<i>Márkus B., Szepes A.</i>	
Térinformatikai oktatás és a felhasználói fogadókészség erősítése („élethosszig tanulás”)	23
<i>Gombás L.</i>	
Ingatlan tulajdonjog biztonság és földpiacfejlesztés	
Bemutatkozik a Közép-Európai Földügyi Tudás Központ (CelkCenter)	29
<i>Illés G., Kovács G., Bidló A., Heil B.</i>	
Az Észak-Hanság termőhelyi viszonyainak modellezése „fuzzy”-klasszifikáció és GIS eszközök felhasználásával.....	45
<i>Feil B., Abonyi J., Németh S., Árva P.</i>	
Hisztórikus folyamat-adatok szegmentálása fuzzy csoportosítási algoritmus segítségével.....	69
<i>Bánkúti Gy., Csukás B.</i>	
Egy hibrid automata kétrétegű háló modellje	87
<i>Piglerné Lakner R.</i>	
Számítógéppel segített folyamatmodellezés	95
<i>Farkas E., Meszéna Zs.</i>	
Molekulatömeg-eloszlás tervezése élő polimerizációs reakciónál.....	119
Útmutató a kéziratok elkészítéséhez	135

CONTENTS

<i>E. Katona</i>	
Automatic interpretation of scanned maps	1
<i>Z. Purger</i>	
The experience of creation and application possibilities of Küvet	17
<i>B. Márkus, A. Szepes</i>	
Teaching GIS and strengthening user receptiveness (lifelong learning).....	23
<i>L. Gombás</i>	
Safety of immovable and land market development	
Introducing CelkCenter	29
<i>G. Illés, G. Kovács, A. Bidló, B. Heil</i>	
Site mapping using GIS tools and fuzzy clustering in Wetlands	45
<i>B. Feil, J. Abonyi, S. Németh, P. Árva</i>	
Segmentation of historical process data based on fuzzy clustering algorithm.....	69
<i>Gy. Bánkúti, B. Csukás</i>	
Generic bi-layered net model of a hybrid automation	87
<i>R. Pigler-Lakner</i>	
Computer-aided process modelling	95
<i>E. Farkas, Zs., Meszéna</i>	
Molecular weight distribution design with living polymerisation reactions.....	119
Guide for the preparation of manuscripts	135