

KÍSÉRLET EGY RÉGIÓ SZIMULÁCIÓS MODELLJÉNEK KIDOLGOZÁSÁRA

(An Attempt to Build up a Simulation Model of a Region)

SMAHÓ MELINDA

Kulcsszavak:

regionális input-output modell tovagyrűző hatások területi fejlődés

A területi szerkezet és a területi folyamatok elemzésére korábban széles körben alkalmazott regionális input-output modellek fénykorát követően a területi kutatásokban is új elemzési eljárások jelennek meg. Ezek egyike a komplex rendszerek elemzésére alkalmas szimulációs modell. A tanulmány célja egy, a területi fejlődés vizsgálatára kísérleti jelleggel kidolgozott szimulációs modell bemutatása, továbbá a modell működésének, felépítésének és a modellezés tapasztalatainak az ismertetése.

Bevezetés

A területi szerkezet, a területi folyamatok modellezésének történetében a regionális input-output modellek kidolgozása és alkalmazása mérföldkönek tekinthető. Ezek a modellek egy-egy térség, régió ágazati szerkezetének és területi folyamatainak elemzésére, előrejelzésére és a vizsgált terület egységek közötti összefüggések jellemzőinek, erősségének meghatározására tettek kísérletet. Az 1950–1980 közötti időszak – elsősorban nemzetközi – szakirodalmában bőségesen találunk nagy részletességgel kidolgozott regionális input-output modelleket, de ennek a korszaknak a hazai szakirodalmában is fellelhetünk néhány ilyen típusú elemzést.

A területi szerkezet vizsgálatát azonban más módszerekkel is megkísérelhetjük. Jelen tanulmány a területi fejlődés szimulációs eljárással történő elemzésének kísérletéről, tapasztalatairól számol be. Ismerteti a szimulációs modell előnyeit és hátrányait, a szimuláció folyamatát, valamint a Közép-dunántúli régióra és a régió három megyéjére kidolgozott kísérleti modell felépítését.

Ez a módszer alkalmas komplex rendszerek elemzésére, aminek következtében a területi folyamatok sokkal árnyaltabb elemzésére ad lehetőséget, mint az idősoros statisztikai módszerek. Bár a tanulmányban bemutatott modell kísérleti jelleggel készült és csak próbafuttatásokat végeztünk rajta, az eredmények és a tapasztalatok a módszer területi kutatásokban való alkalmazására nézve kedvezőek. A jövőben a szimulációs modell ígéretes felhasználási területe lehet az európai uniós források, az állami és magán beruházások területi hatásainak számbavétele, valamint a monitoring rendszerek kidolgozásánál való alkalmazása.

Területi input–output modellek

Az input-output modellek az 1950–60-as években éltek virágkorukat. Bár az első ilyen, a gazdasági összefüggéseket számszerűsítő modellt a módszer kidolgozója, Leontief már 1936–37-ben összeállította, szélesebb körű elterjedéséhez a számítógépek fejlődésére és a tudományos kutatásban való alkalmazásukra volt szükség. Leontief első modelljét Amerikára dolgozta ki, s magáért az input–output elméletért 1973-ban Nobel-díjjal tüntették ki (Augusztinovics 1996; Bródy 2005).

A magyar nyelven ágazati kapcsolatok mérlegének keresztelt eljárás segítségével meghatározható a gazdasági ágazatok közötti közvetlen és közvetett kapcsolatok iránya és erőssége, s ennek alapján az ágazatok közötti kapcsolatok egész, komplex rendszere felállítható. Egy-egy ilyen modell tetszőleges területi egységre – régióra, országra, de elméletileg akár az egész világgazdaságra is – vonatkozhat, ám a gyakorlati megvalósítást a rendelkezésre álló adatok nem megfelelő szerkezete és nem kielégítő részletessége gyakran korlátozza (Rechnitzer 1984a; 1984b; Augusztinovics 1996; Bródy 2005).

Az ágazati kapcsolatok mérlege a területi elv, az ágazati elv, illetve mindkét elv együttes alkalmazásával is elkészíthető, ám az így kapott modellek más-más kérdések megválaszolására adnak lehetőséget. Az ágazati kapcsolatok mérlegének speciális típusát képezik a – területi és ágazati elvet együttesen érvényesítő – területi-ágazatközi mérlegek, amelyek egy térség belső, ágazatok közötti kapcsolatainak elemzését a régióba történő beszállítások és a régióból történő kiszállítások ágazatonkénti elemzésével egészítik ki. Mivel az egyik régió exportja egy másik régió importját jelenti, lehetővé válik a területek közötti kapcsolatok elemzése, a területközi áramlások ágazatonkénti bontásban történő vizsgálata (Rechnitzer 1984a; 1984b).

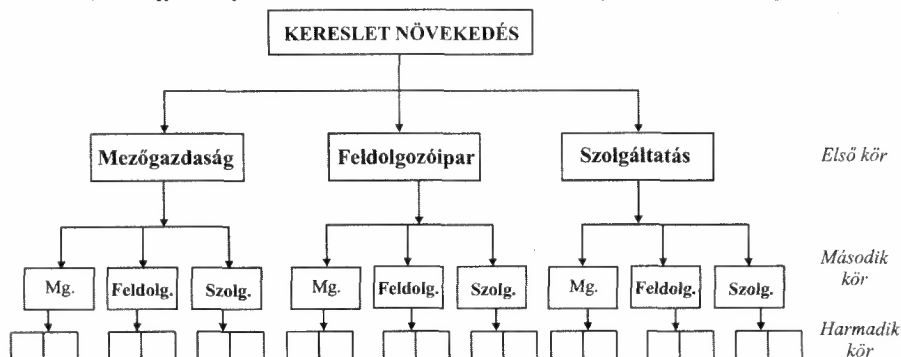
Az input-output modell egy régió kibocsátása iránt jelentkező pótlólagos vagy potenciális kereslet tovagyrúzó hatásainak kimutatására, előrejelzésére is alkalmas. Azaz, a modell alapján – az inverz mátrixon keresztül – képesek vagyunk meghatározni a keresletnövekedés által előidézett kibocsátás-növekedés nagyságát ágazatonkénti bontásban (Armstrong–Taylor 2004) (1. ábra).

Az egyes szektorok outputjainak növekedése minden egyes áttétel után csökken, és nullához konvergál. Ha azonban összesítjük a több körben megnyilvánuló, ám egyre csökkenő mértékű kibocsátás-növekedést, akkor a keresletnövekedés által kiváltott kibocsátás-növekedés mértéke meghaladja a potenciális keresletnövekedés nagyságát (Armstrong–Taylor 2004). S mivel a keresletnövekedés által előidézett output-növekedés nem egyenletesen, hanem az inverz mátrix értékei szerint oszlik el az ágazatok között, a hatások előrejelzésénél számottevő jelentősége van az ágazatok közötti közvetlen és közvetett kapcsolatok ismeretének.

A regionális input-output elemzés kifejlesztése nemzetközi szinten az 1950-es évek elejére tehető, s már ekkor történtek kísérletek interregionális input-output modellek kidolgozására is (Isard–Moses stb.). Az interregionális és multiregionális input-output modellek kidolgozása nagy mennyiségű – gyakran nehezen beszerezhető – adatot igényel, ezért ezek összeállítására nemzetközi viszonylatban is ritkán kerül sor (Lengyel–Rechnitzer 2004).

1. ÁBRA

*Tovagyűrűző hatások: valamely gazdasági ágazat kibocsátása
iránti kereslet-növekedés hatása*
(The Effects of an Increase in the Final Demand for Sectoral Output)



Forrás: Armstrong–Taylor 2004. 42. o. alapján a szerző szerkesztése.

Bár a regionális input–output modellek alapvető és mély gazdasági, illetve területi kapcsolatokat tárnak fel, alkalmazásuknál az input–output elmélet és a modellezési eljárás korlátait is figyelembe kell venni. Ezek között meg kell említeni az adatigényességet, a kérdőíves és nem kérdőíves adatgyűjtés nehézségeit és költségeit, valamint az adatfeldolgozás problémáit (Richardson 1973). Az adatok hozzáférhetősége szempontjából az input–output modellek kis regionális gazdaságokra viszonylag könnyen alkalmazhatók. További hátrány azonban, hogy – megfelelő adatok hiányában – a regionális modellekben is a nemzeti technológiai mátrix alkalmazására kerül sor, holott a technológia régióként változhat. Hasonló probléma merül fel az import vonatkozásában is, mivel a nemzeti adatok használata alábecsüli az adott régió import függőségét. Ez könnyen belátható, hiszen egy nemzetgazdaság kevésbé függ a behozattalól, mint egy régió. Egy-egy felállított modell torzítja a valóságot annyiban, hogy állandó skáláhozadékokat feltételez. Ezzel szemben a modell kétségtelenül nagy előnye belső konzisztenciája és előrejelzésre való alkalmassága (Armstrong–Taylor 2004).

A modell szélesebb körű elterjedésére, későbbi alkalmazására jó példa Carlberg regionális növekedési modellje, amelynek felállítása során multiregionális input–output elemzést is végzett, s az 1960–1970 közötti évekre összeállította a Német Szövetségi Köztársaság tartományainak input–output táblázatait. Sikeresen bizonyította azt a hipotézisét, miszerint minél nagyobb népességű egy tartomány, annál inkább hasonló a tartományi és a szövetségi technológia. Állítását egyrészt azzal magyarázza, hogy egy nagyobb térségben több jószágot állítanak elő, amihez többféle technológiát alkalmaznak. Másrészt pedig megállapítja, hogy a nagyobb térségek, aggregált régiók és a szövetségi szint közötti technológiai hasonlóság részben a térségek összefüggéséből, kapcsolataiból (export, import) származik, s ezt regionális input–output modell segítségével sikerült kimutatnia (Carlberg 1978).

Magyarországon elméleti és/vagy gyakorlati szinten olyan kutatók foglalkoztak ágazati kapcsolatok mérlegével, illetve regionális input-output modellekkel, mint Kornai János, Bródy András, Augusztinovics Mária, Csepinszky Andor, Wirth Gyula, Sikos T. Tamás, Rechnitzer János és mások. Kornai János és munkatársai a távlati tervek megalapozásához végzett kutatásaik során alkalmazták az ágazati kapcsolatok mérlegét az 1960–1970-es években (Kornai 1973). A területi modellek közül talán a legismertebb a Csepinszky–Kovács–Novák szerzőhármás által Vas megyére kidolgozott mérleg, valamint a Fodor–Illés–Bonár-féle, központi körzetre vonatkozó modell. Rechnitzer János 1975. évre készített mérlege Baranya megye területi és ágazati kapcsolatait tárja fel. A területi és ágazati kapcsolatok feltárásából kifolyólag ezek a modellek alkalmasak voltak a térségek, régiók terveinek – az akkoriban uralkodó ágazati szemléletnek megfelelő –, fejlesztési elképzeléseinek kidolgozására és összehangolására, a fejlesztések várható, előre látható következményeinek meghatározására (Rechnitzer 1984a).

Az 1960–70-es években még divatos, nagy méretű, lineáris input-output modellek és azok regionális változatai napjaink szakirodalmában már csak elvétve fordulnak elő. A kilencvenes években még akadt néhány példa az alkalmazásukra, gondolok itt egy-egy kisebb sziget gazdaságának elemzésére vagy a külföldi egyetemi hallgatók által a választott egyetem régiójának gazdaságra gyakorolt multiplikátor hatások mérésére. A Shetland-sziget esetében *McNicol* (1984) az Északi-tengeri olajnak a sziget gazdaságára gyakorolt hatását próbálta kimutatni, míg a Western szigetekre készített modelljének célja a turizmus jelentőségének érzékeltetése volt a többi helyi iparághoz viszonyítva (*Armstrong–Taylor* 2004).

A szórványosan előforduló alkalmazások ellenére az a tendencia érvényesül, hogy az input–output modellek szerepét fokozatosan az – elsősorban többszektoros makroökonómiai elemzéseknél használt – általános egyensúlyi modellek (computable general equilibrium model, CGE) veszik át. Az input-output modellre jellemző mátrix szemléletű kapcsolat-ábrázolások társadalmi elszámolási mátrixok (Social Accounting Matrices) formájában élnek tovább. Az input-output elemzés alapját jelentő ágazatközi áramlásokat azonban mindkét említett, napjainkban használt modell tartalmazza. A számítástechnika és a matematika számottevő fejlődésének köszönhetően további előrelépést jelent a valóságot jobban közelítő nemlineáris modellek kezelésének és megoldásának lehetővé, illetve egyszerűbbé válása is (*Augusztinovics* 1996; *Zalai* 1998; *Hüttl* 2003).

A szimuláció elméleti háttere

A gazdasági és társadalmi folyamatok komplex elemzésénél gyakran találkozunk olyan, sztochasztikus függőségi viszonyokkal, amelyek nem írhatók le analitikus modellekkel. A bonyolult rendszerek analitikus leírása számos egyszerűsítő feltétel beépítését követeli meg, amelyek megbízhatatlanná és felhasználásra alkalmatlanná teszik a modellt.

A komplex rendszerek elemzésére alkalmas módszerek egyike a szimulációs eljárás. A szimulációs eljárás a sztochasztikus kapcsolatok és az időbeliség problémáját egyaránt kezelni tudja, azaz a sztochasztikus kapcsolatok erősségének meghatározására és előrejelzésre is használható. A szimulációs modell egy időben változó, valós rendszer működését utánozza. A modell a rendszer működésével kapcsolatos feltevések halmazából áll, amelyeket a rendszerben szereplő releváns objektumok közötti matematikai és logikai összefüggésekkel fejezünk ki. A szimuláció egy valós rendszerből vett mintavételi kísérletnek tekinthető, amelynek eredményei mintavételi pontok. A végső becslés jóságát a mintavételi pontok száma mellett a kezdeti feltételek, a szimulációs időszak hossza és a modell pontossága befolyásolja (*Winston 2003*).

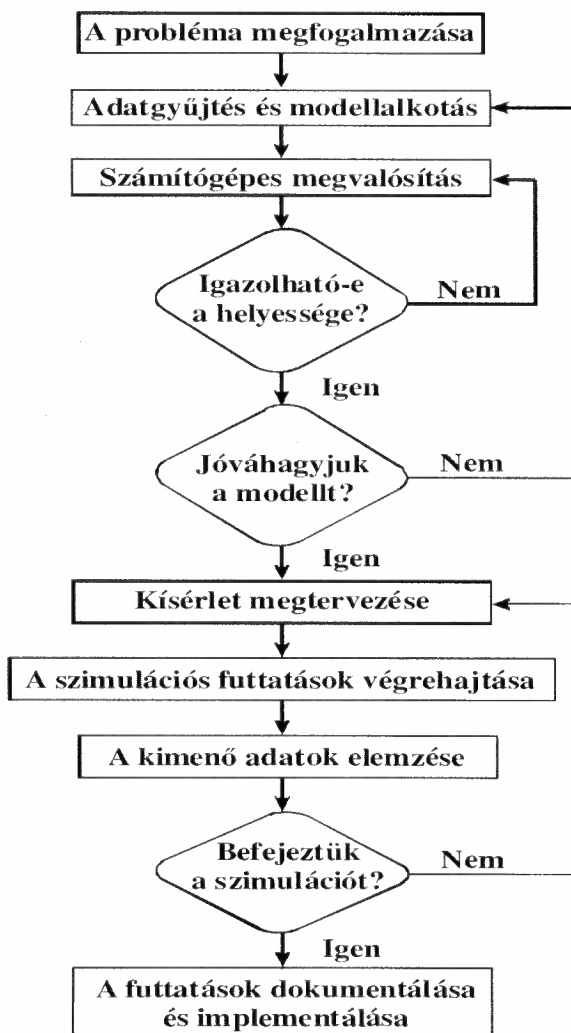
A szimulációs eljárás előnye, hogy elmélete viszonylag egyszerű, s a modell könnyen alkalmazható. A szimulációs modell kevés egyszerűsítő feltételt tartalmaz, aminek következtében az analitikus modelleknél sokkal rugalmasabb, így a valós rendszereket is nagyobb megbízhatósággal reprodukálja. Gyakorlati alkalmazásának legnagyobb előnye, hogy a modell a valós rendszeren való kísérletezés kockázata nélkül kipróbálható, és ennél fogva alkalmas a tervezett intézkedések hatásainak kimutatására. Egy felépített szimulációs modell több alkalommal is hasznosítható, különböző stratégiák, paraméterek, tervek hatásainak kimutatására alkalmas. A modell bemeneti adatainak megváltoztatása lehetőséget ad a „mi lenne ha” típusú kérdések megválaszolására. A szimulációs eljárás alkalmazásának hátránya, hogy a modell felépítése, a szükséges adatok összegyűjtése költséges. A döntések hatásainak megbízható előrejelzéséből, s ily módon az esetleges rossz döntések kiszűréséből származó – pénzben is kifejezhető – előnyök azonban a modell gyakorlati hasznosítása esetén rendszerint felülmúlják az eljárás költségeit (*Winston 2003*).

A szimuláció folyamata

A szimuláció folyamata a cél meghatározásával, a megválaszolandó kérdések, hipotézisek megfogalmazásával kezdődik, valamint a változók és a modellparaméterek is ebben a lépésben kerülnek definiálásra. A folyamat következő lépése az adatgyűjtés és a modellalkotás, amelynek során matematikai, logikai relációkkal adjuk meg a rendszer leglényegesebb tulajdonságait. A modellt ezután olyan formára hozzuk, hogy számítógéppel megvalósítható legyen: itt kerül sor a számítógépes program elkészítésére és az esetleges adathiányok pótlására, mivel a szimulációs modell hiányos adatbázissal nem működik. A számítógépes program megírása a modell mérete és komplexitása miatt viszonylag hosszú időt vesz igénybe. Miután elkészült a modell, elsőként ellenőrizzük, hogy elképzeléseinknek megfelelően működik-e (igazoló fázis), és ha ez beigazolódott, akkor jóváhagyjuk, ellenkező esetben pedig módosítjuk a modellt. A modell helyességének igazolása és a modell jóváhagyása nem könnyű feladat, hiszen az eredményeket nem tudjuk összevetni más adatokkal, mindössze a változók között definiált kapcsolatok helyessége és a modell által kiszámított eredmények realiztikussága jelenthet támpontot (*Winston 2003*).

2. ÁBRA

A szimulációs modell felépítésének lépései
(Flowchart of the Simulation Model)



Forrás: Winston 2003. 1114. o.

Amennyiben a modell működését – az esetleges átalakítások után – megfelelőnek találjuk, elkezdődhetnek a futtatások (szimulációs kísérletek). A különböző adatokkal végzett futtatások eredményeit rögzítjük, dokumentáljuk és elemezzük. A modell az adatbázis alapján feltárja a változók közötti sztochasztikus kapcsolatok erősségét (súlyrendszer), majd ennek ismeretében előrejelzést készít. A bemeneti adatok módosításával kimutathatóvá válik egy-egy tényező változtatásának hatása, s így választ tudunk adni a „mi lenne ha” típusú kérdésekre (Winston 2003).

A területi fejlődés elemzése szimulációs modellel¹

A modell felépítése

A szimulációt, mint elemzési módszert több tudományterületen alkalmazzák, elsősorban olyan esetekben, amikor a valós rendszeren történő kísérletezés nagyon költséges lenne, felbecsülhetetlen károkat okozna, vagy az eredeti állapot visszaállítása nem lehetséges. Így a műszaki tudományoktól az orvostudományokon keresztül egészen a társadalomtudományokig találkozhatunk szimulációs modellekkel. Kutatásunk során a területi fejlődés szimulációs modellel történő elemzésére tettünk kísérletet, a Közép-dunántúli régiót, illetve annak három megyéjét (Komárom-Esztergom, Fejér, Veszprém) tekintve mintatérseggnek.

A modellezéshez olyan adatbázis felépítésére volt szükség, amely tartalmazza a kiválasztott megyék/régió fejlettségét leíró, valamint az adott területi egység fejlődésére ható tényezőket. A területi fejlődés leírására általános, gazdasági, oktatási, infrastrukturális, egészségügyi és környezetvédelmi mutatócsoportokat állítottunk össze a három megyére és a régióra vonatkozóan. Az eredeti adatbázisban 50 mutató szerepelt, amelyek közül hatot ágazatonkénti bontásban gyűjtöttünk össze, s így az adatbázis 136 sorból állt, s több mint 3800 adatot tartalmazott. A hat gazdasági mutató ágazatok szerinti részletezésével a modell eredményeinek pontosságát kívántuk javítani, hiszen az egyes szektorok a különböző területi egységekben eltérő súllyal vannak jelen.

Az adatok összegyűjtésénél a Központi Statisztikai Hivatal forrásaira (Stadat, Területi Statisztikai Évkönyv, Kommunális Évkönyv, Magyarország nemzeti számlái) és az APEH adatbázisaira támaszkodtunk. Mivel a szimulációs modell a múltbeli adatok összefüggéseit vizsgálva határozza meg a változók jövőre vonatkozó értékeit, az adatbázis összeállításánál a kijelölt mutatók minél hosszabb idősorának felállítása volt a cél. Megfelelő részletességű adatok azonban csak az 1990-es évek közepétől állnak rendelkezésre, így az adatbázis idődimenziója az 1996–2002 közötti időszakra terjed ki. Ebben az időintervallumban az esetlegesen hiányzó értékek az egyes mutatók adataira illesztett trendfüggvény segítségével kerültek meghatározásra. Erre a lépésre azért volt szükség, mert a modell hiányos adatsorok esetén nem működőképes.

Az adatbázis első változatának elkészítése után különféle korrekciók végrehajtása vált szükségessé. A legradikálisabb változtatást az adatbázis redukálása jelentette, amelynek során az eredeti mutatókból egy reprezentatív részhalmoz került kiválasztásra. Ennek egyrészt technikai okai voltak (az egész adatbázis modelljének szimulációs futtatása olyan hosszú időt vett volna igénybe, amely a kutatási feladatmegoldás alatt nem kívárható), másrészt a túl nagy modell átláthatatlansága emberi szempontból okozhatott volna gondot. Az ágazati bontásban rendelkezésre álló mutatók esetében a modellbe bekerülő ágazatok számát is csökkentettük, így a 15 ágazat helyett öt szektor (ipar; építőipar; szálláshely-szolgáltatás, vendéglátás; ingatlanügyletek, gazdasági szolgáltatás; közigazgatás, védelem, társadalombiztosítás) értékei maradtak az adatbázisban. A redukciót követően az adatbázis 62 sorból állt, és 29 mutató adatait tartalmazta. Az adatbázis azonban még így is nagynak bizonyult a

modellezéshez, ezért az ágazati bontásban rendelkezésre álló mutatók számát ismételtelen csökkentettük oly módon, hogy a továbbiakban csak az ipari ágazat adatait, valamint az ágazatok összesített értékeit szerepeltettük a modellben. Az adatbázis kétszeri szűkítése után végül az *1. táblázatban* látható mutatók kerültek be a modellbe.

Az adatbázis szerkezetének átalakításán túl a forintban kifejezett mutatók értékein is korrekciót hajtottunk végre, az adatokat 1996. évi árszintre hoztuk. Erre az árszínvonal-növekedés hatásának kiszűrése miatt volt szükség, ami a közgazdasági értelmezhetőség mellett azért is fontos volt, mert az évről évre (jelentős mértékben az árszínvonal-emelkedés miatt) növekvő értékek megtéveszthetik a modellt, és téves következtetésekhez vezethetnek (hiszen a modell nem tudja kezelni az inflációt).

A szimulációs modell az adatbázisban szereplő mutatók közgazdasági szakirodalom alapján felállított összefüggésrendszerén alapul. Az egymással gazdaságilag és logikailag összefüggő mutatók értékei közötti kapcsolatok keresésével a modell képes a mutatók egymásra gyakorolt közvetlen és közvetett hatásainak érzékelésére, valamint ezen hatások erősségének meghatározására (súlyrendszer). Ily módon a modell a múltbeli értékek alapján feltárt összefüggésekből kiindulva végzi el az előrevetítést. A modellépítés során meg kellett határozni a mutatók közötti kapcsolatrendszereket, valamint ki kellett jelölni azt a néhány mutatót (inputot), amelyeknek a megváltoztatásából adódó hatásokra kíváncsiak vagyunk (változtatandó input, I). Ezek a változók csak inputként szerepelnek, s a modell segítségével megvizsgálható, hogy értékeik módosítása milyen hatásokat vált ki a többi mutató értékében, azok nagyságát hogyan befolyásolja. A nagybonyolultságú rendszernek köszönhetően a modell nemcsak a közvetlen, hanem a közvetett, tovagyrűző hatások kimutatására is képes. A szimulációs modell felépítése során a mutatóknak az *1. táblázatban* szereplő kapcsolatrendszerét vettük alapul.

Az első oszlopban feltüntetett kódok a változók azonosítására szolgálnak, míg a második oszlop a változó típusát jelöli, vagyis azt, hogy csak bemeneti (I) vagy közbelső (I/O) változóként szerepelnek-e. A csak bemeneti változók értékei nem más változóktól, hanem a környezettől függenek, és ezek a mutatók jelentik az I/O típusú változók bemenetét. Ezzel szemben az I/O típusú változóknak bemenete és kimenete is van, azaz más változóktól függenek, miközben maguk is további változók függvényei, bemenetei (táblázat utolsó oszlopa) (Jávör–Rechnitzer 2004).

A mutatók kapcsolatrendszere alapján például az összágazati beruházások nagysága a külföldi működő tőke állományával, a GDP nagyságával, a helyi önkormányzatok felhalmozási és tőkejellegű bevételeivel, a népesség számával, az alkalmazásban állók számával és bruttó átlagkeresetével áll összefüggésben. A K+F ráfordítások nagyságát az ezer lakosra jutó működő vállalkozások száma, a felsőoktatási intézmények hallgatóinak száma, a beruházások nagysága, a külföldi működő tőke állománya és a GDP nagysága befolyásolja. A modellben az épített lakások száma, a gazdasági ág szerinti beruházások nagysága, az egy főre jutó személyi jövedelemadó, a beszerzési áron számított GDP és a decentralizált területfejlesztési támogatások összege szerepel változtatható inputként.

1. TÁBLÁZAT
A szimulációs modell változói és a változók kapcsolatrendszer
(Variables and Relations of the Simulation Model)

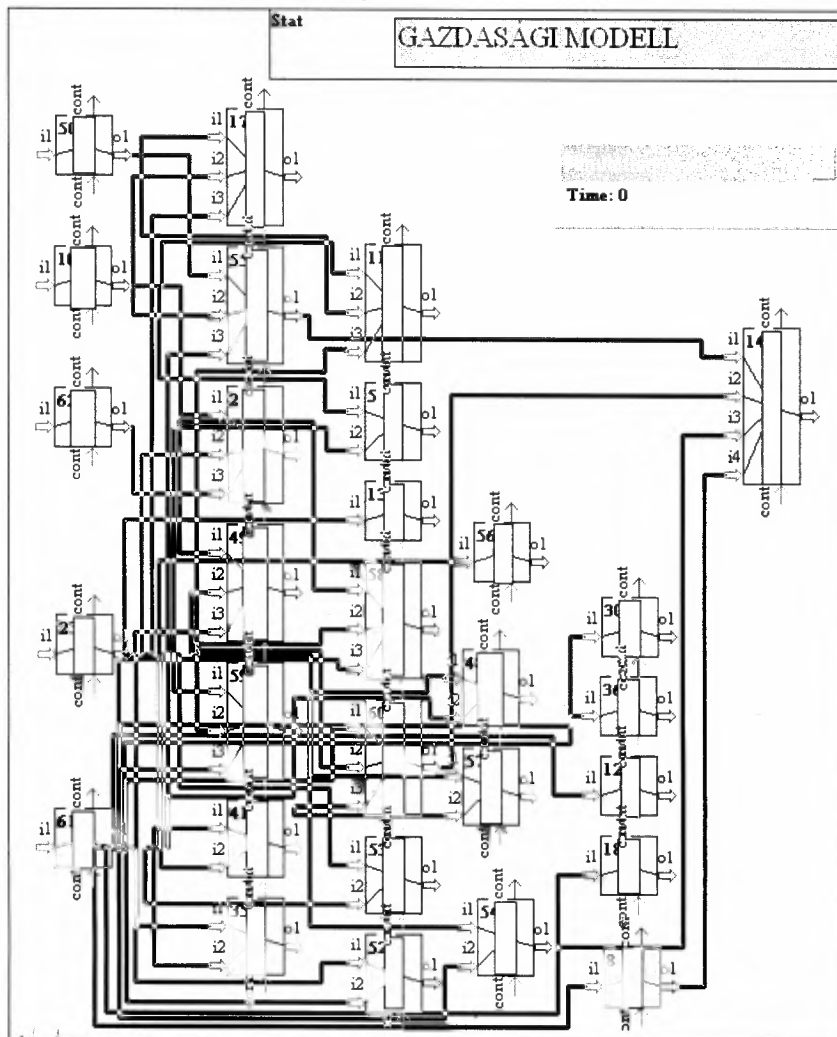
Kód	Mutató típusa	Megnevezés	Kapcsolat
2	I/O	A szennyvíziszteromna hátfőzathba becsatolt lakások aránya	11, 10, 23, 59, 62
5	I/O	A rendszeres hulladékgyűjtésbe bevont lakások aránya	11, 10, 56, 62
8	I/O	Felsőoktatási intézmények hallgatóinak száma (minden tagozat)	56, 54, 52, 53, 35, 41, 61
10	I	Az épített lakások száma	-
11	I/O	Lakásállomány	10, 50, 52, 53, 54, 23, 35
12	I/O	Vezetékes gáz fogyasztók száma	11, 62
13	I/O	Egy lakosra jutó havi villamos-energia felhasználás	11, 23, 56
14	I/O	Diplomát szerzett hallgatók száma	8, 54, 55, 60
17	I/O	A bekapcsolt távbeszélő fővonalak száma	10, 11, 23, 50
18	I/O	Beruházás gazdasági ág szerint (ipar)	60, 61, 52, 53, 35
23	I	Beruházás gazdasági ág szerint (összesen)	-
30	I/O	Az alkalmazásban állók száma gazdasági ág szerint (ipar)	56, 52, 53, 60, 61, 18
35	I/O	Az alkalmazásban állók száma gazdasági ág szerint (összesen)	23, 60, 61, 48, 56
36	I/O	Az alkalmazásban állók havi bruttó átlagkeresete gazdasági ág szerint (ipar)	30, 18, 48, 56, 60, 61
41	I/O	Az alkalmazásban állók havi bruttó átlagkeresete gazdasági ág szerint (összesen)	23, 35, 56, 60, 61, 48
48	I/O	1000 lakosra jutó működő vállalkozások száma	56, 60, 61, 52, 53, 23, 35
49	I/O	Regisztrált munkanélküliek száma	23, 35, 41, 52, 53, 54, 61, 62
50	I	I főre (lakosra) jutó személyi jövedelemadó	-
52	I/O	A fizikai foglalkozásúak havi bruttó átlagkeresete	23, 35, 41, 60, 61
53	I/O	A szellemi foglalkozásúak havi bruttó átlagkeresete	23, 35, 41, 56, 60, 61
54	I/O	Belföldi vándorlási különbözet 1000 lakosra	10, 11, 3, 50, 61
55	I/O	Természetes szaporodás, fogyás 1000 lakosra	-
56	I/O	Népesség száma	55, 52, 53, 60, 61
57	I/O	K+F ráfordítás (tartalmazza a kapcsolódó tevékenységek – tudományos szolgáltatás, termelés – költséget)	48, 8, 23, 60, 61
58	I/O	Helyi önkormányzatok felhalmozási és tőke jellegű bevételei	23, 48, 51, 60, 61, 62
59	I/O	Helyi önkormányzatok felhalmozási és tőke jellegű kiadásai	23, 48, 51, 60, 61, 62
60	I/O	A külföldi működő tőke állománya (külföldi részesedés a jegyzett tőkeből)	-
61	I	GDP bevezetési áron	23, 35, 41, 48, 49, 61
62	I	Decentralizált területfejlesztési támogatás összesen	-

Forrás: Saját szerkesztés.

A csak input változók realitását a modell nem vizsgálja, ezért a csak bemeneti változók esetében a modell lehetővé teszi, hogy értékeiket megváltoztassuk, és megfigyeljük, hogy a modell többi mutatójának értéke hogyan reagál a változásra. A modell segítségével meghatározható például, hogy a decentralizált területfejlesztési támogatások összegének növelése (a tervezett összegek pontos megadásával) hogyan hat a GDP növekedésére vagy a külföldi működő tőke állományának alakulására stb.

A változók, és a közöttük definiált kapcsolatok alapján felállított modellt mutatja a 3. ábra.

3. ÁBRA
A szimulációs modell struktúrája
(Structure of the Simulation Model)



Forrás: Jávor-Rechnitzer et al. 2004.

Futtatás, előrejelzés, elemzés

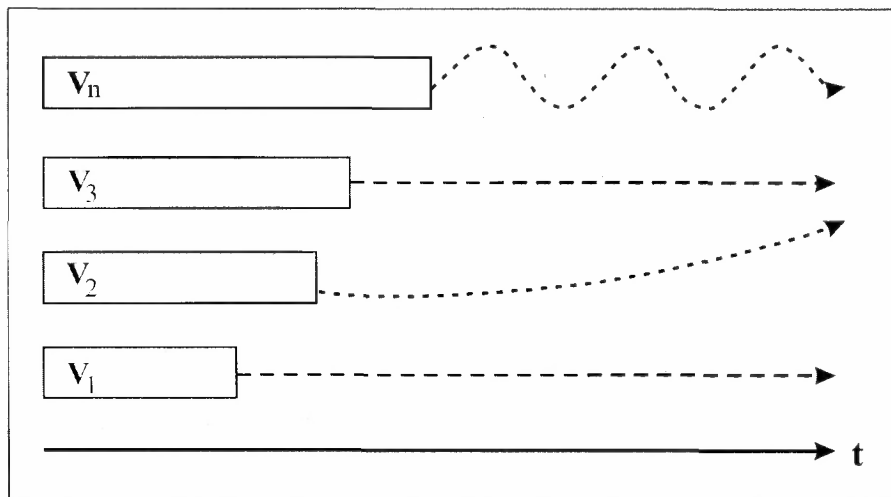
A modell felépítését a futtatás követi, amelynek első lépése a rendszert alkotó mutatók értékei közötti kapcsolat keresése. Ennek során a program a megadott kapcsolatok és a tényadatok alapján egy súlyrendszert definiál, amely az egyes mutatók közötti relációk erősségét fejezi ki. Matematikailag úgy zajlik az eljárás, hogy a program az alábbi, a modell jóságához definiált hibafüggvényt minimalizálja, amelyben m_i az eredeti adatokat, v_i pedig a modell által kiszámított értékeket jelenti (Jávor–Rechnitzer 2004).

$$h = \sum_{t=1996}^{2002} \sum_{i=1}^{62} \{v_i(t) - m_i(t)\}^2$$

A szimulációs futtatás második lépése az előrevetítés, azaz a korábban meghatározott súlyok felhasználásával a változók jövőbeli értékeinek kiszámítása (Jávor–Rechnitzer 2004). Mivel a súlyok a modellben definiált kapcsolatok és a változók tényadatai alapján alakulnak ki, a szimulációval történő előrevetítés a mutatók összefüggéseinek, egymásra gyakorolt hatásainak figyelembevételével megy végbe. A szimulációs eljárással tehát egy egész rendszer komplex előrevetítését tudjuk elvégezni, szemben más előrejelzési módszerekkel, például a trendszámítással, amikor az egyes változók idősoraira külön-külön illesztett trendfüggvények segítségével próbáljuk a mutatók jövőbeli értékeit meghatározni (4., 5. ábra).

4. ÁBRA

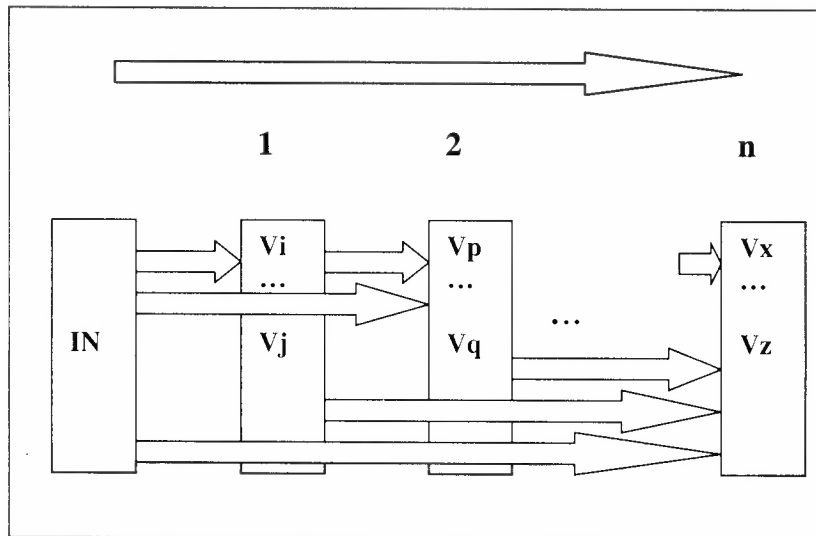
Előrejelzés a változók idősoraira illesztett trendekkel
(Prognosis with Trends)



Forrás: Saját szerkesztés.

5. ÁBRA

A szimulációs modell előrevetítési mechanizmusa (Prognosis with Simulation Model)



Forrás: Jávor–Rechnitzer et al. 2004.

Bár a szimulációs modell hosszú távú előrejelzésre nem alkalmas, nagy előnye abban rejlik, hogy képes bonyolult összefüggéseket tartalmazó rendszerek értékeinek előrejelzésére, így például az ágazati kapcsolatok figyelembevételével a szektorális adatok előrevetítésére, amiből már meghatározható a jövőbeli ágazati szerkezet. A futtatások és az előrejelzés fázisát a kapott értékek elemzése követi. Az előrejelzés pontosságának, a modell működésének és alkalmazhatóságának értékelése érdekében célszerű a modell összeállítása után néhány évvel beválás vizsgálatot végezni, azaz az előre jelzett és a ténylegesen kialakult adatokat összehasonlítani.

Összegzés

A regionális input-output modellek és a tanulmányban bemutatott, kísérleti jelleggel kidolgozott szimulációs modell a területi szerkezet elemzésének és előrejelzésének bonyolultabb módszerei. Alkalmask egy-egy komplex rendszerként kezelt térség, régió elemzésére, s a rendszerlemek között – eltérő módszerrel – definiált kapcsolatoknak köszönhetően a közvetett, tovaryűrűző hatások kimutatására. Míg az input-output modellek eredeti formájukban fokozatosan kiszorulnak az elemzések-ből, addig a rugalmasabb felépítésű, sztochasztikus viszonyok kezelésére alkalmas, szimulációs modelleknek a területi kutatásokban és a területi döntések előkészítésében való alkalmazása előtt új távlatok nyílnak meg. Bár a bemutatott modellel csak próba futtatások készültek, a kísérlet sikeresnek tekinthető, s értékes tapasztalatok halmozódtak fel a kutatás során. A modell továbbfejlesztéséhez és gyakorlati alkalmazásához azonban további kutatásokra lenne szükség.

Jegyzet

¹ A bemutatott modell kidolgozására „A szimulációs modell kidolgozása és alkalmazása a területi fejlődés vizsgálatában” című OKTK kutatás keretében került sor 2004-ben. A kutatásban Dr. Rechnitzer János, Dr. Jávor András, Dr. Szücs Gábor, Mészáros-Komáromi Gergely és Smahó Melinda vett részt. A kollégáimtól – a hivatkozási szabályok betartásával – átvett gondolatokat a kutatási jelentésre történő hivatkozással jelzem.

Irodalom

- Armstrong, H.–Taylor, J. (2004) *Regional Economics and Policy*. Blackwell Publishing, 3. Edition, 5–63. o.
- Augusztinovic M. (1996) Miről szól az input-output modell? – *Közgazdasági Szemle*. Április. 315–320. o.
- Bródy A. (2005) Wassily Leontief. – Bekker Zsuzsa (szerk.) *Közgazdasági Nobel-díjasok 1969–2004*. KJK-KERSZÖV Jogi és Üzleti Kiadó Kft., Budapest. 137–148. o.
- Carlberg, M (1978) Ein interregionales, multisektorales Wachstumsmodell – dargestellt für die Bundesrepublik Deutschland. Vandenhoeck&Ruprecht in Göttingen.
- Hüttl A. (2003) A gazdasági mérés történetéről. Adatok, elmélet, gazdaságpolitika. – *Közgazdasági Szemle*. 164–182. o.
- Jávor A.–Rechnitzer (et. al.) (2004) Jávor A.–Rechnitzer J.–Mészáros-Komáromi G.–Smahó M.–Szücs G. (2004) A szimulációs modell kidolgozása és alkalmazása a területi fejlődés vizsgálatában. OKTK kutatási jelentés.
- Kornai J. (1973) *A gazdasági szerkezet matematikai tervezése*. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest.
- Lengyel I.–Rechnitzer J. (2004) Regionális gazdaságtan. Dialóg Campus Kiadó, Budapest–Pécs, 301–324. o.
- Rechnitzer J. (1984a) Az ágazati kapcsolatok mérlegének alkalmazása a területi szerkezetek és kapcsolatok vizsgálatában. – Sikos T.T. (szerk.) *Matematikai és statisztikai módszerek alkalmazási lehetőségei a területi kutatásokban*. Földrajzi Tanulmányok 19. Akadémiai Kiadó, Budapest. 186–218. o.
- Rechnitzer J. (1984b) A területi gazdasági szerkezetek és kapcsolatok modellezése. A területi input-output modellek). A Magyar Tudományos Akadémia Dunántúli Tudományos Intézetének kutatási eredményei. 1981–1985. 10. sz.
- Richardson, H.W. (1973) *Input–Output and Regional Economics*. Weidenfeld and Nicolson, London.
- Winston, W.L. (2003) *Operációkutatás. Módszerek és alkalmazások*. Aula Kiadó, Budapest. 1073–1120. o.
- Zalai E. (1998) Általános egyensúlyi modellek alkalmazása gazdaságpolitikai elemzésekre. – *Közgazdasági Szemle*. 1065–1081. o.

AN ATTEMPT TO BUILD UP A SIMULATION MODEL OF A REGION

MELINDA SMAHÓ

After the great age of regional input-output models in the 1960–1970's, new methods have been appeared in the territorial research. One of this methods is the simulation model that is able to analyse complex systems. The aim of this study is to describe a simulation model that has been created as an attempt to analyse territorial development.