

**A térbeli számszerűsített általános egyensúlyi modellezés
Bevezetés az elméletbe és gyakorlati alkalmazások**

Ph. D. doktori értekezés

Járosi Péter
Pécsi Tudományegyetem
Közgazdaságtudományi Kar
Regionális Politika
és Gazdaságtan
Doktori Iskola

témavezető:

Dr. Varga Attila

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés.....	4
2.	A számszerűsített általános egyensúlyi (CGE) modellek.....	10
2.1.	Az általános egyensúlyelméletől a CGE modellekig.....	11
2.2.	A CGE modellezés alapjai.....	16
2.2.1.	Az input-output (IO) analízis és a társadalmi elszámolások (SAM) mátrixa.....	16
2.2.2.	Egy leegyszerűsített vázlat a CGE modellekre.....	18
2.2.2.1.	CGE-1 példa: egy leegyszerűsített vázlat.....	19
2.2.2.2.	CGE-2 példa: egy lehetséges bővítés az ágazati input-output kapcsolatokkal.....	26
2.2.2.3.	CGE-3 példa: A megtakarítások, a beruházások és az állam szerepe.....	29
2.2.2.4.	CGE-4 példa: A térbeli kiterjesztés, interregionális export és import.....	33
3.	Az SCGE modellek elméleti háttere és az „új gazdaságföldrajz”.....	38
3.1.	A Krugman féle centrum-periféria modell.....	39
3.1.1.	Kiinduló feltételezések.....	41
3.1.2.	A szállítási költségek figyelembe vétele a „jéghegy-elv” alapján.....	41
3.1.3.	A σ paraméter háromféle értelmezése.....	42
3.1.4.	Direkt versus indirekt megközelítésmód.....	42
3.2.	A modell lehetséges megoldásai.....	44
3.2.1.	A centrum-periféria modell az egyenletrendszer speciális esete $R=2$ -re.....	44
3.2.2.	A magrégióban koncentrálnó ipari termelés.....	46
3.2.3.	A monopolista cég profit maximuma.....	48
3.2.4.	A szállítási költségtől függő reálbér grafikus elemzése.....	49
3.3.	A centrum-periféria modell dinamizálása.....	51
3.4.	Összegzés.....	52
4.	A térbeli számszerűsített általános egyensúlyi (SCGE) modellezés módszertana.....	54
4.1.	A Walras-Cassel modell, egy számszerűsített példa.....	55
4.1.1.	A Walras-Cassel modell alapváltozata.....	56
4.1.2.	A Walras-Cassel modell bővítése input-output kapcsolatokkal.....	61
4.1.3.	Termelési függvény a fajlagos tényező-ráfordítás helyett.....	64
4.1.4.	Termelési függvény és input-kapcsolatok.....	66
4.2.	Egy CGE példa Johansen-féle termelési függvényrel.....	67
4.3.	Első lépés az SCGE felé: a CGE kiterjesztése több régiós esetre.....	70
4.3.1.	A több régió modellezése.....	71
4.3.2.	A szállítási költségek figyelembe vétele.....	73
4.3.3.	Az interregionális kereskedelem modellbe építése.....	74
4.4.	Néhány külföldi példa az SCGE alkalmazására.....	77
5.	A térbeli számszerűsített általános egyensúlyi modell gyakorlati megvalósítása: A GMR SCGE modellje.....	80
5.1.	Rövid távú egyensúlyok az SCGE rész-modellben.....	82
5.1.1.	A tényező keresleti függvények.....	82
5.1.2.	A termék keresleti függvények.....	85
5.1.3.	Egyensúly a végtermék piacokon.....	86
5.1.4.	Egyensúly a tényező- és termék piacokon.....	87
5.2.	Hosszú távú egyensúly.....	88
5.2.1.	A fejlesztéspolitikai beavatkozások hatásmechanizmusa.....	90
5.2.2.	Az exogén tényezőnövekedési dinamika regionális szétosztása az SCGE modellben.....	91

5.2.2.1.	Egyenletes szétosztás, a régiók méretének arányában	92
5.2.2.2.	Az időbeli változás szétosztása a beavatkozás mértékétől függően.....	93
5.2.2.3.	A scenario esetében a baseline-hoz viszonyított növekmény szétosztása a beavatkozás mértékétől függően	93
6.	Esettanulmányok	96
6.1.	Modell-szimulációk: magyarországi növekedési pólusok.....	97
6.1.1.	Modell-jellemzők, adatok, paraméter kalibráció.....	97
6.1.2.	A lehetséges forgatókönyvek	98
6.2.	Az új vagy tervezett autópálya szakaszok hatásvizsgálata SCGE modellel.....	105
6.2.1.	A vonalas infrastruktúra értelmezése csomópontok sorozataként.....	105
6.2.2.	Az új autópálya hatása az időbeli távolságokra, egy gráfelméleti megközelítés	108
6.2.3.	Az időbeli távolságok transzformációja szállítási költségekké a közlekedési ágazat hozzáadott értéke alapján	109
6.2.4.	Az autópálya szimuláció összeállításának munkafázisai	110
7.	A dolgozat eredményeinek és megállapításainak összefoglalása.....	112
	Felhasznált irodalom	116
	Függelék	123
F.1.	Az SCGE modell matematikai leírása	123
F.1.1.	A modell paraméterei	123
F.1.2.	A modell változói	123
F.1.3.	A GMR modell SCGE blokkjának egyenletrendszer	124
F.2.	A GMR Magyarország SCGE modelljének GAMS kódja.....	127

1. Bevezetés

„A számítható földrajzi egyensúlyi modellezés jelentős lépés lenne afelé, hogy az elméleti gazdaságföldrajz előrejelző tudománnyá váljon, amely képes hipotetikus sokkok – például kormányzati beavatkozások – gazdasági térszerkezetre gyakorolt hatásainak értékelésére.” (Fujita - Krugman - Venables 1999. 348. oldal)

A fenti, több mint egy évtizede napvilágot látott idézet lehetne a téma vezérgondolata, ugyanakkor a jóslat olyannyira beigazolódott, hogy ha csak a térbeli számszerűsített általános egyensúlyi modellezés (SCGE)¹ területén az utóbbi években elért eredményeket és gyakorlati megvalósításokat kísérelném meg akár mindössze vázlatos formában áttekinteni, már az meghaladná a dolgozat kereteit. A térszerkezetnek, vagyis a gazdasági tevékenységek térbeli eloszlásának a makrogazdasági növekedésre gyakorolt hatása rendkívül szerteágazó, bár a folyamat egyes elemei többé-kevésbé részletesen modellezésre kerültek az általam bemutatandó konkrét alkalmazásokban is. A térbeli általános egyensúlyelmélet napjainkban már olyan eredményekkel büszkélkedhet, amelyeknek csak a töredékét lehetséges felhasználni egy esettanulmány megalkotása során, ennél többet egyidejűleg figyelembe venni irreális vállalkozás lenne. A térbeli folyamatokat leíró elméletek és a gyakorlati alkalmazások olyan gyökeres szemléletváltozásokon mentek keresztül viszonylag rövid idő alatt, mint például az állandó skáláhozadék és a tökéletes verseny feltételezésének feladása, helyette a növekvő skáláhozadék és a monopolisztikus versenyre vonatkozó modellek alkalmazása, továbbá az agglomerációs extern hatások figyelembe vétele, a szállítási költségek, a technikai haladás endogenizálása. Feladatomnak tekintetem azoknak a legfontosabb folyamatoknak az ismertetését és modellezését, amelyek döntő szerepet játszanak abban, hogy a térszerkezet egyfelől egyik meghatározó tényezője a gazdasági növekedésnek, másrészt következménye annak.

A térbeli általános egyensúlyelmélet eredményei Thünen-től Krugman-ig önmagában is elegendő és fordulatokkal gazdag témát szolgáltatathatna egy dolgozat számára. Viszontagságos és nem egy esetben méltatlanul alulértékelt szerep jellemzi azt az utat, ahogyan a szellemi előfutároktól a közgazdaságtan térbeli kiterjesztésének első próbálkozásain keresztül nyomon kísérhetjük, hogy miképpen szorult átmenetileg a térgazdaságtan a „mainstream economics” perifériájára, egészen az utóbbi néhány évtizedben lezajlott változásokig, amelynek egyik legfontosabb mérföldköve Paul R. Krugman 2008. évi közgazdasági Nobel-díja volt. Ezzel az elismeréssel talán méltó helyére került a szóban forgó

¹ Spatial Computable General Equilibrium

tudományág, és az elért eredmények feltehetően megkapják majd azt a kellő figyelmet, amelyet az elméleti következtetések és a gyakorlati alkalmazások megérdemelnének.

Dolgozatom témájául azonban nem ezt a kizárólag elméleti irányvonalat választottam, hanem célul tűztem ki olyan kreativitást is igénylő alkalmazások kidolgozását, amelyekben az első ránézésre talán száraznak tűnő egyenletrendszer mögött minden esetben ott van a kísérletezgetés, és a konkrét megvalósítás². A terjedelmi korlát adta határokon belül leginkább arra helyeztem a hangsúlyt, hogy a regionális fejlesztéspolitika számára milyen gyakorlati eszköztárat jelenthetnek a térbeli számszerűsített általános egyensúlyi modellek.

A kutatómunkám előbb említett fő célkitűzésével összefüggésben az alábbi hipotéziseket állítottam fel, amelyeket a dolgozat kimunkálása során tesztelni kívántam:

- H.1. A szavak szintjén megmagyarázott, verbálisan jól végiggondolt térbeli folyamatokat nagyon nehéz tisztán elméleti konstrukciókkal, analitikusan megoldható matematikai modellekkel igazolni. Ilyen jellegű sikeres próbálkozásnak tekinthető Krugman modellje, illetve annak továbbfejlesztett változatai (Krugman 1991a, Fujita–Krugman–Venables 1999). Hasonló grandiózus vállalkozás helyett, kutatómunkám egyik fő célkitűzéseként inkább azt választottam, hogy az általános egyensúlyi modellezés keretei között, számítógépes szimulációkkal kísérleljem meg modellezni a gazdaság térszerkezetére vonatkozó összefüggéseket. Feltételeztem, hogy **ezzel a módszerrel a gazdaság térbeli folyamatainak egy része jól leírható, míg más tendenciák nem igazán ragadhatók meg számszerűsített általános egyensúlyi modellekkel**, hanem másfajta, például ágens alapú (Holland–Miller 1991) szimulációs technikákra lenne szükség. Ennek az állításnak az átfogó bizonyítása meghaladná dolgozatom kereteit, mindössze néhány példával szeretném alátámasztani pro és kontra az említett esetek létezését, amellyel ugyanakkor az is a célom, hogy a tudományterület verbális irányzata és az egzakt matematikai alapokon nyugvó modellezési technika közötti közeledést valamelyest elősegítsem.
- H.2. A térbeli számszerűsített általános egyensúlyi modellezés gyakorlati szakemberei (Löfgren 2003, Thissen 2003) széles körben egyetértenek abban, hogy a módszertani alapok visszavezethetők Walras általános egyensúlyi modelljéig (Walras 1874, Zalai 2000). (Az alkalmazásokba gyakran be is építik Walras törvényét.) Ritkán találkozhatunk azonban olyan munkákkal, amelyek ezt a levezetést megpróbálnák bemutatni. Feltételeztem, hogy **a legegyszerűbb walrasi modelltől kiindulva, azt fokozatosan bővítve, lépésről-lépésre el lehet jutni olyan modellváltozatokig, amelyek megfelelnek a térbeli általános egyensúlyi modellek kritériumainak**. A dolgozatban kísérletet tettem arra, hogy ezeknek a főbb lépéseknek a vázlatát ismertessem, nem csak matematikai egyenletekkel leírva, hanem számszerűsített

² A dolgozatban ismertetésre kerülő összes modellt megvalósítottam számítógépes szimuláció formájában is.

példákkal is szemléltetve. Az említett számszerűsített példák mindegyike olyan számítógépes szimulációkkal készült, amelyekhez a programot magam készítettem.

- H.3. Az elkészült, és a valós adatokra illesztett modell gyakorlati kipróbálására számos alkalom kínálkozik. A fejlesztéspolitikai beavatkozások hatásvizsgálata az egyik ilyen lehetőség, amelynek során feltehető az a kérdés, hogy a közép-magyarországi régióra koncentrált támogatások hogyan befolyásolnák Budapest, illetve Pest megye, közvetve pedig a nemzetgazdaság növekedését. A probléma messze nem olyan triviális, mint amilyennek első ránézésre tűnik. A modellben használt feltételezés szerint ugyanis adott összegű támogatást lehet országosan elosztani, vagyis ha a központi régiót többlettámogatásban részesítjük, akkor ezt csak úgy lehet megtenni, hogy más régióknak kevesebbet adunk. Vajon a budapesti agglomerációs potenciálban vannak-e még jelentős tartalékok, vagy pedig már a negatív lokális extern (zsúfoltság, magas ingatlanárak stb.) hatások kerülnek túlsúlyba a pozitívokkal szemben. Hipotézisem az, hogy **nemzetgazdasági szinten más és más növekedést figyelhetnénk meg, ha Közép-Magyarország több vagy kevesebb támogatásban részesülne az országosan limitált összegből.** A változás előjelét nehéz előre megjósolni (pro és kontra lehet verbális magyarázatokat gyártani), ugyanis nem lehet előre tudni, hogy a centripetális és centrifugális erők hogyan fognak hatni, végül melyik irány fog felülkerekedni.
- H.4. Az utolsó hipotézisem szintén a fejlesztéspolitikai beavatkozásokhoz kapcsolódik, de ebben az esetben az 5 vidéki nagyvárost magukba foglaló megyék helyzetét vizsgáltam, ezen belül kiemelten Baranya megyét. A problémafelvetés úgy hangzik, hogy vajon Baranya megye támogatásait változatlanul hagyva, pusztán attól, hogy a Közép-Magyarországra vonatkozó beavatkozást változtatjuk, ez hogyan hat Baranya megye (illetve az 5 ellenpólust tartalmazó megye) növekedési potenciáljára. A hipotézisem ezzel kapcsolatban a következő: **A központi régióra történő támogatáskoncentráció kimutatható változást eredményez a vidéki nagyvárosokat tartalmazó megyék növekedésében.** Az irányt sem nehéz megjósolni, miszerint **a Budapestnek és Pest megyének juttatott jelentős támogatástöbblet hátrányosan érinti a szóban forgó 5 megyét még abban az esetben is, ha a nekik juttatott támogatásokat változatlanul hagyjuk.** A modellkísérlet egyik fő célkitűzése az, hogy egyfajta rugalmassági tényező formájában számszerűsítsem a hatás erősségét is.

A célkitűzésekkel és a hipotézisekkel összhangban a dolgozat szerkezeti felépítésének kialakításakor az alábbi elveket tartottam szem előtt:

- A 2. és a 3. fejezet két, látszólag különálló elmélet, a számszerűsített általános egyensúlyi modellezés és az „új gazdaságföldrajz” gondolati keretének alapjait mutatja be, ugyanakkor az összefüggés a kettő között nyilvánvaló, hiszen a térbeli számszerűsített általános egyensúlyi (SCGE) modellezés egyfajta ötvözetét adja a két szóban forgó tudományterületnek.
- A 4. fejezet kiindulópontja a módszertani alapoknál kezdődik, és elvezet a legegyszerűbb SCGE modellek elkészítésének technikájáig. Ezeket a kisebb méretű példákat „kitalált” adatokkal szemléltettem annak érdekében, hogy ebben a szakaszban még ne kelljen a megfigyelt adatokra illesztés problematikájával bajlódni. A 2. fejezettel összehasonlítva, ahol még csak a gondolkodási keret került bemutatásra, ebben a részben már konkrét modellek felépítése történt meg. A fejezet az utolsó előtti alpontban érkezik el a térbeli kiterjesztéshez, előtte tesz néhány kitérőt más irányokba is: input-output kapcsolatok, CES termelési függvény. Ezek a példák azonban nem öncélúak, hanem annak érdekében kerültek bemutatásra, hogy érzékeltessék annak lehetőségét, hogy a térbeli kiterjesztést nem csak a legegyszerűbb (Cobb-Douglas termelési függvényt használó) CGE modellből kiindulva lehet elvégezni, hanem az alkalmazás igényeinek megfelelően más alapokra építve is. A fejezet végén néhány gyakorlati felhasználás is röviden említésre kerül, felcsillantva azokat a lehetőségeket, amelyekre ez a modellcsalád alkalmazható.
- Az 5. és a 6. fejezet egy nagyobb léptékű SCGE modellt mutat be részletesen, a GMR³ modell SCGE rész-modelljét, annak valós problémákra való alkalmazásaival együtt. Ebben a részben, a túlzott technikai dokumentáció jelleget elkerülendő, mindössze érintőlegesen kerülnek ismertetésre azok a kalibrálási technikák, amelyek segítségével a modell a megfigyelt adatokra illeszthető. Vagyis induló állapotban az egyensúlyba került rendszer változóinak értéke a valós adatokkal van szinkronban, majd a gazdaságba történő beavatkozásokat közöljük vele, és a modell a megváltozott feltételekkel dolgozik tovább. Végül a szimulációs kísérlet eredményeiből levonhatók bizonyos következtetések, amelyek ugyan kevésbé vehetők figyelembe előrejelzésként (nem szeretnék a prognosztika tudományág területére tévedni), inkább a beavatkozások hatásaként értékelhetők, amint a beavatkozások nélküli szimulációs futtatásokkal összehasonlításra kerültek. A hatásvizsgálat lehetőségeiről és korlátairól, valamint a forgatókönyv elemzés módszeréről az 5. fejezetben írok részletesen, majd a hatodik fejezetben ennek konkrét megvalósítását is bemutatom.

³ GMR: Geographic Macro and Regional – „földrajzi makro és regionális”

A gyakorlati alkalmazás szemléltetésére a fejlesztéspolitikai, illetve a közlekedési infrastruktúrába történő beruházások hatásvizsgálatát választottam egyrészt azért, mert ezek a leggyakoribb és egyben legsikeresebb témák az SCGE külföldi szakirodalmában. Másrészt abból az okból, hogy Magyarországon meglehetősen ellentmondásos vita bontakozott ki az utóbbi időkben az Európai Unióból érkező támogatások, valamint az autópálya építések regionális gazdasági fejlődésre gyakorolt hatása vonatkozásában. Anélkül, hogy pro vagy kontra állást kívánnék foglalni, mindössze néhány szempontot szeretnék egy SCGE modell segítségével felvázolni, amely ha nem is dönti el a kérdést, de mindenképpen tisztáz néhány félreértést vagy eddig elnagyoltan kezelt összefüggést. Az esettanulmányból levonható következtetések mindössze a fent vázolt célokat szolgálják, nem szándékom a vitában közvetlenül részt venni. Az SCGE csak az egyik szóba jöhető megközelítési módja az említett problémának, ugyanakkor a szóban forgó hatásvizsgálatok is csak szűkebb értelemben fedik le az SCGE modellek általában lehetséges alkalmazási területeit.

A dolgozat írásának időpontjában talán igaz lehet, hogy a Magyarországon újszerű módszer egyik első komolyabb alkalmazásait volt szerencsém kipróbálni és az eredményeket bemutatni. Ha ez az állítás rövid időn belül nem állná meg a helyét, akkor is az a megtiszteltetés ért, hogy egyike lehettem azoknak, akik ebben az úttörő munkában részt vehettek, és enyhíthettek azon a hiányérzeten, amit az alábbi tankönyv szerzői alig néhány évvel ezelőtt megfogalmaztak:

„A hazai regionális tudomány nem büszkélkedhet átfogó modellekkel, vagy újdonságnak ható módszerek kidolgozásával a regionális növekedést illetően. (...) Az elemzések megmaradtak a verbális leírásoknál, nem léptek ki sem az elméleti modellek szintjére, (...) és nem jutottak el a folyamatok matematikai absztrakcióba foglalt leírásához sem.” (Rechnitzer–Lados 2004) Ennek megfelelően viszonylag nehéz helyzetben van az a kutató, aki valamilyen modellezési technikát szeretne alkalmazni a hazai viszonyok között. Némely irányzatok esetében szegényes a magyar nyelvű szakirodalom, ami sokszor terminológiai bizonytalanságokhoz vezet, nem könnyű megtalálni azt a helyes szóhasználatot, amely pontosan kifejezné a közölni kívánt gondolatot, ugyanakkor szépen és közérthetően hangzik magyarul is.

Másfajta problémákhoz vezet a néha-néha kinyilvánított ellenérzés, amelyet a kizárólag verbális vagy legfeljebb az elemi matematikai-statisztikai módszereket alkalmazók felől lehet tapasztalni, akik úgy vélekednek, hogy a modellezés egy értelmetlen és haszontalan tevékenység. Érvelésük döntő többségében arról szól, hogy a kiinduló feltételezéseket kritizálják, újabb és újabb szempontokat hoznak fel arra, hogy mit kellene még az adott modellben figyelembe venni. Egy modell sohasem adja a valóság pontos leírását, mindig ki lehet találni valamit, amivel még tovább lehetne bonyolítani, egészen addig a határig, amikor már kezelhetetlenül sok összefüggés és változó szerepel benne. A modellezőnek nem célja idáig eljutni, inkább arra törekszik, hogy kiválassza a vizsgálati szempontoknak legjobban megfelelő feltételeket, és az ilyen értelemben kevésbé lényeges dolgoktól pedig eltekintsen.

Olyan összefüggésekre kíván rávilágítani, amelyeket a szavak szintjén kissé nehezebb végiggondolni, könnyebb a számítógépes szimuláció során ezeket a következtetéseket levonni. Ez nem zárja ki annak a követelménynek a teljesítését, hogy az elején a problémafelvetést és a modell eredményeit végül verbálisan is értelmezni szükséges. A modellezés és a „verbális tudomány” következésképpen nem ellentétei egymásnak, hanem a helyes értékítélet alapján inkább szinergia kapcsolatokat kellene a kettő között feltételezni. A problémát először a szavak szintjén kell megfogalmazni, addig nincs értelme a formalizálásba belekezdeni, és ebben az értelemben a leíró jellegű tanulmányok is a modellező segítségére sietnek. Megfordítva, a modellek eredményei jelentősen hozzájárulhatnak a szóban forgó tudományág általában véve vett fejlődéséhez a fogalomalkotástól egészen az elméleti fejtegetésekig. A külföldi szakirodalom erre számos pozitív irányban történő elmozdulásként értékelhető példát mutat, és számomra is döntően a külföldi alkalmazások jelentették a mintát, amelyet követni tudtam.

A GMR modellen belüli SCGE rész-modell kifejlesztése nem mechanikus adaptálással történt, hiszen a módszer még a külföldi irodalmat áttekintve is meglehetősen fiatalnak mondható napjainkban, számos innovatív módosításra, eddig még ki nem próbált területeken való alkalmazásra nyílt lehetőség. Ezt az elvet tartottam szem előtt, amikor az esettanulmányok vizsgáldási területeit kijelöltem. A dolgozatommal azt is szeretném elérni, hogy hazánkban minél szélesebb körben felismerjék az SCGE modellekben rejlő lehetőségeket, bővüljön azoknak a kutatóknak a tábora, akik valamilyen térbeli probléma egyik lehetséges megközelítési módjaként figyelembe veszik. A regionális modellek nem szolgáltatják a bölcsek követ, nem várható el, hogy minden szempontból tökéletes elemzést adjanak. Számos más módszerrel együtt, azokat kiegészítve és nem helyettesítve, válhat a térbeli elemzés eszköztárának egyik fontos elemévé. Az eddig kissé méltatlanul alulértékelt szerepből idővel talán a megfelelő helyre kerül Magyarországon is, legalábbis olyan súllyal, ahogyan a külföldi szakirodalomban és gyakorlati alkalmazásokban szerepel. Bízom abban, hogy dolgozatom számottevő mértékben hozzájárul majd ennek a folyamatnak a felgyorsításához.

2. A számszerűsített általános egyensúlyi (CGE) modellek

Ebben a fejezetben a számszerűsített általános egyensúlyi modellek főbb gondolati kereteiről lesz szó az általános egyensúlyelmélet mérőföldköveitől a modell egyenletrendszerének matematikai megoldására tett kísérleteken keresztül a számítógépes alkalmazásokig. Évszázadokon keresztül küzdött az elmélet azzal a problémával, hogy a felírt egyenletrendszereket hogyan lehetne zárt alakban megoldani, vagy legalább a megoldó algoritmusra valamiféle receptet adni. Sok esetben a modellek megrekedtek azon a szinten, hogy mindössze felírták az egyenletrendszert, annak gyakorlati értelmezését és alkalmazását az olvasóra bízva, meg sem kísérelve a modell számszerűsítését, illetve megoldását. Esetleg éppen ellenkezőleg, a matematikai megoldhatóság érdekében tett kissé eltúlzott erőfeszítések a modell értelmezhetőségét nehezítették. Mentségükre illik felhozni, hogy akkoriban nem állt még rendelkezésükre az a számítógépes eszköztár, amelyekhez napjaink kutatója könnyűszerrel hozzáfér. Mindezekon túlmenően korábban a valós adatok többségének megfigyelhetetlensége is komoly problémát okozott, a XXI. században viszont egyre bővül az empirikus modellekben felhasználható statisztikai adatok köre.

A szükséges matematikai és informatikai háttér hiányára vezethető vissza, hogy főleg a nemlineáris modellek esetében problémát okozott az egyensúlyi megoldás egzisztenciájának és unicitásának bizonyítása. Az egzakt bizonyítás helyett inkább a komparatív statika módszertana került alkalmazásra a közgazdaságtanban. Ennek lényege, hogy a külsőleg adott exogén változóknak bekövetkező nem túlságosan nagy mértékű változás hatására vizsgálja a modell egyensúlyi állapotának eltéréseit a kiinduló egyensúlyi helyzethez képest. „A komparatív statikai elemzés kiindulópontja egy megvalósult egyensúly, ezért egy alkalmazott modell paramétereit úgy kell számszerűsíteni (kalibrálni), hogy a változóknak megfigyelt állapotban felvett, egyensúlyinak feltételezett értékei (benchmark) kielégítsék a modell feltételeit.” (Zalai 2000, 45. oldal)

A számszerűsítéssel kapcsolatos nehézségek és a lineáris, illetve nemlineáris egyenletrendszerekre vonatkozó optimum-számítás módszertani elmaradottsága miatt a CGE modellek kialakulására és számottevő elterjedésére csak az 1970-es években kerülhetett sor.

A számszerűsített általános egyensúlyi (computable general equilibrium, CGE) modellek a walrasi általános egyensúlyelmélet empirikus alkalmazásai gazdaságpolitikai hatáselemzésekre. A modelleket gyakran használják különféle kormányzati beavatkozások (adók, vámok, támogatások) várható makrogazdasági hatásainak vizsgálatára. E modellek vonzó tulajdonsága, hogy a hatásoknak az egyes piacokon végigfutó (puszta logikai következtetésekkel nehezen végiggondolható) láncolatait figyelembe véve vezetik le a beavatkozások várható eredményeit. Az általános egyensúly kritériumai (a kereslet-kínálat megegyezése az output- és az inputpiacokon, az árak megfelelése az inputköltségek összegének, valamint a tényezőjövédelmek és a végső felhasználás értékének makroszintű

megegyezése) feltételezése mellett a modellek szimultán számolják ki a termékek és a termelési tényezők piacain az egyensúlyi mennyiségeket és árakat. A beavatkozás számszerű hatásai a beavatkozás nélküli egyensúlyi állapotnak és a beavatkozás után kialakuló egyensúlyi állapotnak az összevetése révén kaphatók meg. A modellek empirikus kiszámítása a társadalmi elszámolások mátrixára (social accounting matrix, SAM) épül.

A számszerűsített általános egyensúlyi modellezéssel nem foglalkozó közgazdászok nemritkán tekintik e modelleket „fekete doboznak”, és emiatt gyakran mutatnak ellenérzést e modellekkel szemben. Ennek több oka van. Egyrészt a konkrét elemzésekre használt modelleket ismertető tanulmányok ritkán bocsátkoznak a modellek részletes leírásába, amit sok esetben a kiterjedt és bonyolult struktúrák terjedelmi okok miatt sem tesznek lehetővé. Másrészt a számszerűsített általános egyensúlyi modellezés módszertanával foglalkozó munkák (Shoven–Whalley 1992, Rutherford 1999), azok magas szintű matematikai ismeretigénye miatt, kevésbé megközelíthetők a szélesebb közgazdász közönség számára. Meglehetősen ritkán találkozhatunk az irodalomban olyan tanulmányokkal, amelyek nem specialisták számára is érthetővé tennék e „fekete doboz” tartalmát (Hoose 1999, Lofgren–Harris–Robinson 2002, Wing 2004).

Természetesen az általános egyensúlyelmélet jelentősebb eredményei anélkül is tiszteletet érdemlőek, hogy megpróbálnánk azokat a valóságban megfigyelt adatokra tökéletes modellszerűséggel ráilleszteni. Ezeket a szóban forgó mérföldköveket alaposan áttekinteni ugyancsak meghaladná a dolgozatom kereteit, ezért inkább azokra fókuszálnék, amelyek meghatározóak a CGE modellek kialakulása szempontjából.

2.1. Az általános egyensúlyelmélettől a CGE modellekig

Matematikailag egy sztenderd CGE modell szimultán nemlineáris egyenletekből áll, gazdasági kiindulópontja Walras neoklasszikus világa⁴ (Löfgren 2003). Leon Walras fő műve „A tiszta politikai gazdaságtan elemei, avagy a társadalmi gazdagság elmélete” címmel 1874-ben jelent meg. Ez nem az első olyan munka, amely az általános egyensúly feltételrendszerében próbálja leírni a gazdaság viselkedését, ugyanakkor talán az első olyan modellszerű keretrendszer, amely azután később jelentős hatást gyakorol a CGE modellek kialakulására. A CGE modellek többsége az ármérce kijelölésekor mindmáig támaszkodik Walras törvényére, a gazdasági szereplők viselkedésére felírt egyenletek szemléletmódja pedig a walrasi egyenletekben gyökeredzik, noha napjaink CGE modelljei szerkezetükben és bonyolultságukban néha alig hasonlítanak az eredeti walrasi egyenletekre, valahol mégis ugyanarra vagy legalábbis hasonló problémák megoldására keresik a választ. Az, hogy ehhez még milyen további feltételekkel egészítik ki a modellt, vagy a komplexitást

⁴ “Mathematically, a standard CGE model consists of a set of simultaneous nonlinear equations. Economically, its starting point is Walras’ neoclassical world.” (Löfgren, 2003. 1. o.)

nagyságrendekkel növelik, nem változtat azon a tényen, hogy a CGE modellek általában visszavezethetők a walrasi gondolkodási keretre. Walras majd később Cassel viszonylag egyszerűbb modelljei általános egyensúlyi modelleknek tekinthetők abban az értelemben, hogy a termékpiacok keresletének és kínálatának egyezősége mellett egyazon rendszeren belül a termelési tényezők (munka, tőke stb.) piacai is egyensúlyba kerülnek, és az előre megadott feltételek mellett (fajlagos tényező felhasználás, köztes termék inputok stb.) az egyenletrendszer megoldásával megkaphatjuk az egyensúlyi árakat, mennyiségeket és aggregált értékadatokat. A komparatív statika módszerével megvizsgálhatjuk, hogy a külső feltételek megváltozására hogyan módosul a modellezett gazdaság egyensúlyi állapota, és összehasonlítva a korábbi állapottal, levonhatunk bizonyos következtetéseket. Bár a CGE modellek jelentős része nem statikus, úgynevezett időtlen (egyidőszakos modell), hanem dinamizált, és hosszabb távú egyensúlyok értelmezése is szerepel bennük, mégis állíthatjuk, hogy gyakorlatilag a CGE modellek döntő többségének „őse” Walras egyszerű modellje. A Walras-Cassel modell felépítéséről és annak számítógépes szimulációval történő megvalósításáról a 4. fejezetben lesz szó.

A tizenkilencedik században és még a huszadik század nagyobb részében is a közgazdászok jelentős része abban a meggyőződésben munkálkodott, hogy a fizikához hasonlóan a közgazdaságtan is leírható matematikailag formalizált egyenletekkel. Az erőfeszítések többek között arra irányultak, hogy megalkossák, egzakt módon leírják és matematikai formába öntsék azokat a főbb törvényszerűségeket, amelyek a mikroökonómia és makroökonómia szempontjából meghatározó jelentőséggel bírnak. Annak ellenére, hogy Marshall inkább csak parciális egyensúlyi helyzetek elemzésére szorítkozott, munkásságának hatása az általános egyensúlyelmélet fejlődésére alapvető fontosságú. Cournot ugyanakkor megfogalmazta azt a kételkedését, miszerint az egész rendszer figyelembevétele meghaladná a matematikai elemzés és a gyakorlati számítási módszerek lehetőségeit (Cournot 1838-t idézi Zalai 2000. 13. o.). Ennek ellenére a közgazdászok jelentős része hosszú időn keresztül nem tett le arról a szándékáról, hogy megalkossa a gazdaság egészének működését jól leíró modellt valamilyen elfogadható feltételezések és egyszerűsítések mellett.

Ezt a problémát elsőként a magyar származású, az „osztrák iskola” meghatározó közgazdászaként is ismert Wald Ábrahám oldotta meg sikeresen (Wald 1935). Erőfeszítése olyan általános egyensúlyi modell megalkotására irányult, amelyről matematikailag bebizonyítható, hogy létezik megoldása (egzisztencia követelménye), továbbá megadható legyen olyan konstruktív algoritmus, amellyel ez az egyensúlyi megoldás előállítható.

A dinamikus növekedési modellek fejlődése (Heer–Maussner 2005) Ramsey modelljétől Romer endogén növekedéselméletén (Romer 1986, 1990, 1994) keresztül a napjainkban egyre inkább terjedőben lévő DSGE alkalmazásokig óriási irodalmat ölel fel. Ezen belül szintén található magyar vonatkozású mérföldköveket, mint például Neumann János modelljét (Neumann 1945). „Neumann modellje – a maga nemében és idejében – egyike volt azoknak a

modelleknek, amelyek a legtömörebben, a legtisztábban és esztétikai szempontokból is a legszebben testesítették meg azt a szemléletbeli és módszertani változást, amely a matematika közgazdaságtani alkalmazásában 1930 és 1950 között végbement.” (Zalai 1999) Bár a matematika közgazdaságtani alkalmazásában kétségtelenül óriási előrelépéseket jelentettek az újabb és újabb modellek, gyakorlati jelentőségük, vagyis a gazdaságpolitikai döntéshozatal előzetes hatásvizsgálata ezekkel módszerekkel Neumann idejében még nem volt számottevő. Ennek okai talán a modellek nagyfokú absztrakciós szintjében és a paraméterek számszerűsítésének nehézségeiben keresendő. Ugyanakkor a korabeli közgazdászok legnagyobb hátránya napjaink modellezőivel szemben az volt, hogy nem rendelkeztek az optimumszámítás és a nemlineáris egyenletrendszerek megoldásához szükséges matematikai eszköztárral és annak számítógépes támogatásával. Az eszköztár hiányosságait többféle módon próbálták kompenzálni. Egyik lehetséges útnak a lineáris programozási feladatokat tekintették, vagyis kerülték a gazdasági törvényszerűségek modellezésénél a nemlineáris összefüggések alkalmazását, így papíralapon kivitelezhető algoritmusokkal maradt esély a rendszer számszerűsíthetőségére és megoldhatóságára.

Mindamellet, hogy elméleti és gyakorlati szempontból jelentős előrelépésnek tekinthetők a Leontief-féle és az ennek továbbfejlesztéseként értelmezhető különféle input-output modellek, módszertanilag kétségtelenül megfigyelhető a linearizálásra való törekvés. Problémát okoz azonban az, hogy ha a közgazdaságtani összefüggések egyre szélesebb körét akarjuk a modellbe beépíteni, nagyon hamar olyan formulákhoz jutunk, amelyeket nem lehet visszavezetni lineáris egyenletekre, előbb-utóbb nemlineáris összefüggéseket kell alkalmaznunk. Gondoljunk például egy nagyon egyszerű Cobb-Douglas típusú termelési vagy hasznossági függvényre, amely lehetőséget ad a helyettesíthetőség modellezésére, rugalmassá téve a rendszert az exogén paraméterek megváltozására, de nagyban megnehezíti az egyenletrendszer megoldását. Az input-output modelleknek a hatásvizsgálatokban történő alkalmazhatóságát a fix koefficienseknek köszönhető merevségek erősen korlátozzák, a rugalmatlanság miatt a rendszer nem tud megfelelően reagálni a külső sokkokra, igazából túl hamar felborul és rendkívül extrém megoldásokat szolgáltat. Az elaszticitások modellbe építése azonban a linearitás feladására kényszerítette volna a modellépítőket.

Az axiomatikus általános egyensúlyelmélet képviselői (Arrow, Debreu, és mások) a huszadik század közepétől kezdődően más módon tettek kísérletet a megfelelő eszköztár hiányának ellensúlyozására. Még a természettudományok többségénél is szigorúbban, axiómákra építve, a logikai szabályokat következetesen alkalmazva építették fel az elméleti rendszereket, amely ebben a mértékben már szinte csak a matematikára jellemző. Alapvető követelmény volt az egyensúlyi megoldás létezésének és egyértelműségének bizonyítása és az ezt biztosító szükséges és elégséges feltételek megfogalmazása (Arrow–Debreu 1954). Az ehhez szükséges absztrakciók azonban nagyon könnyen túlléphetek azon a szinten, amely már a modell megfigyelt statisztikai adatokkal való számszerűsítését nehezítette, így az elmélet

gyakorlati igazolhatósága is egyre problematikusabb lett. A történetiséget áttekintő tanulmányok sok esetben az Arrow-Debreau féle modellezési keretből is származtatják a CGE modelleket.

Az utolsó jelentősebb állomásnak, közvetlenül a CGE modellek megjelenése előtt, a Johansen-féle modellt tekinthetjük. Emiatt számos tanulmányban a CGE őseinek a Johansen-modellt kiáltják ki. Ennek a modellnek egy egyszerűsített megvalósítását és számítógépes szimulációját a 4.2. fejezetben fogom bemutatni.

Időközben azonban megjelentek a számítógépek és teljesítményükben, valamint a (nemlineáris egyenletrendszereket megoldó, illetve optimumkereső) szoftverek tudásában olyan hihetetlen fejlődés következett be, amely gyökeresen megváltoztatta a modellalkotás szemléletmódját. Kissé eltúlozva, nem a közgazdaságtannak kellene axiomatikusnak lennie, ezt ráhagyhatjuk a matematikusokra. Elegendő ugyanis kellőképpen formalizált módon megfogalmazni a problémákat, és rá kell bízni a számítógépre, amely a szoftverek révén magában hordozza a módszertani fejlődés eredményeként létrejött tudást, és választ fog adni arra, hogy a modell megoldható-e vagy sem. Innentől kezdve a gyakorlatias közgazdásznak nem a matematikai bizonyítással kell foglalkoznia, hanem a rendelkezésre álló módszerek alkalmazásával, és a probléma közgazdasági megfogalmazásával. Természetesen megmarad a helye ebben az új világban a matematikai közgazdaságtannak is, mert amely tételeket sikerül levezetni és bizonyítani, azokat már nem kell szimulációval igazolni, és az optimumot újból és újból kiszámíttatni a számítógéppel, hanem nemes egyszerűséggel az elméleti eredményre rá lehet építeni a modellt.

Mindamellet, hogy el kell ismerni az axiomatikus elméletalkotás szépségét és nagyszerűségét, véleményem szerint soha nem juthat el arra a szintre, hogy a gyakorlatban akár önmagában alkalmazható legyen. Túlzott optimizmusra vallana, ha egy közgazdász az elméleti fizikához hasonló olyan „kristálytisztá” teória megalkotását tűzné ki célul, amely eleganciája mellett a konkrét megvalósíthatóságban is maradéktalanul megállja a helyét. A közgazdaságtan nem természettudomány, vagyis a gazdasági rendszereket olyan egységes és tiszta elméleti építménnyel, mint például az einsteini relativisztikus fizika, nagyságrendekkel nehezebb leírni. Másrésztől kísérletezgetésre sincs lehetőség a gazdaságban, vagyis azonos feltételek mellett ugyanazt a kísérletet többször egymásután a gazdasági valóságban nem áll módunkban elvégezni. A közgazdaságtan művelőjének nem marad más lehetősége, mint a gondolatkísérletek, illetve szerencsére az utóbbi évtizedekben a számítógépes modellkísérletek, más szóval szimulációk.

Az első CGE modellek megjelenésére egészen az 1970-es évekig kellett várni, amelynek főbb okai többek között azok voltak, hogy egyrészt a gazdasági növekedésnek az ágazati dimenziója kevésbé volt fontos az 1960-as években vagy a lineáris programozási (LP) modellek kaptak nagyobb figyelmet, másrészt pedig a megoldó algoritmusok fejlődése és a

szoftverek gyenge képességei szabtak határt (Bandara 1991). Néhány évvel az első CGE modellek megjelenését követően a gazdaságpolitikai hatásvizsgálatok miatt fokozott érdeklődés mutatkozott a modellek iránt. Ma már alig van olyan ország a világban, amellyel kapcsolatban ne készült volna valamilyen CGE modell, ideszámítva azokat hatásvizsgálatokat is, amelyek esetében nem az adott nemzet kormányzata, hanem valamilyen nemzetközi szervezet (Világbank, IMF, Európai Bizottság stb.) volt a megrendelő.

Lényegében a CGE modellekkel párhuzamosan megjelentek az ökonometriai alapokon összeállított makrogazdasági modellek is, amelyek kevésbé állják ki a Lucas kritika (Lucas 1976) próbáját, mert aggregáltabb szinten ragadják meg az összefüggéseket. A strukturálisan eléggé „mély” modelleknek ugyanis mikroökonómiai alapokon, a gazdasági szereplők viselkedéséből kell levezetniük a főbb változók alakulását annak érdekében, hogy a jelentősebb gazdaságpolitikai beavatkozás ne rengesse meg alapjaiban az alkalmazott összefüggéseket (megkérdőjelezve például a paraméterbecsléseket), érvénytelenné téve ezáltal az alkalmazhatóságát a hatásvizsgálatra. A mikroökonómiai alapokon felépített modellben is becsülni kell bizonyos paramétereket, ezek ugyanakkor invariánsabbak a gazdaságpolitikai sokkokra, mint az aggregáltabb szinten felállított ökonometriai egyenletek paraméterei. Ennek egyik legfőbb oka, hogy a gazdasági szereplők a CGE modellben reagálnak a beavatkozások által megváltozott külső feltételekre, az egyensúlyi helyzetük elmozdul az új optimumnak megfelelően.

A dinamikus CGE modellek jellemzően determinisztikusak, olyan mintha egy „külső kéz” adott pillanatban megnyomna egy gombot, elindítva a gazdaságot egy meghatározott pályán, és akárhányszor ismétljük meg a kísérletet, meghatározott idő elteltével mindig ugyanabba az állapotba jut el a rendszer. A véletlenszerű események figyelembe vételével újabb irányzat alakult ki az utóbbi évtizedben, a dinamikus és sztochasztikus általános egyensúlyi DSGE⁵ modellek, amelyek kezdik felváltani a mára már kissé patinásnak tűnő CGE-t. Bár a DSGE modellek nem jeleztek előre szinte semmit a közelgő pénzügyi válságról, mégis a gyakran használt modellek közé sorolják és nem egyszer csodafegyverként hivatkoznak rájuk (Mellár 2011). A gyakori alkalmazás egyik oka talán, hogy a DSGE már a nevében is feltűnően hangoztatja a dinamikus jellegét, miközben a CGE-nek vannak statikus és dinamikus változatai egyaránt. Másik, feltehetően nyomósabb ok, hogy a determinisztikus modellekkel szemben kialakult vagy esetleg mindig is létezett egyfajta olyan ellenvetés, hogy a valóság és főleg a gazdasági folyamatok igazából nem determinisztikusak. Ez nyilvánvalóan félreértése a CGE modellezők eredeti szándékának, hiszen sohasem állították, hogy a valóság az „eleve elrendelés” alapján működne. Mindössze arról van szó, hogy az absztrakció egy bizonyos szintjén a gazdaság sztochasztikus jellegétől elvonatkoztatnak, de ettől egy modell még lehet „jó” közelítése a valóságnak. Véleményem szerint attól, hogy bizonyos valószínűségi függvényekkel cserélünk le egyes determinisztikus változókat, még nem biztos, hogy a

⁵ Dynamic Stochastic General Equilibrium

modell prediktív ereje lényegesen fog javulni, viszont a bonyolultsági fok kétségtelenül megnövekszik. A determinisztikus modell előrejelzései is tartalmaznak bizonytalanságokat, és ezzel a gazdaságpolitikai döntéshozatal előkészítésében résztvevő felhasználók tisztában vannak. A valóság és a modell közötti véletlenszerű eltérések okozta bizonytalanság kezelésének nem feltétlenül egyedüli járható útja, hogy ezeket a modellen belülről endogenizáljuk. Dolgozatomnak nem célja a CGE sztochasztikus irányú továbbfejlesztésének bemutatása, ezzel szemben a CGE módosítását a térbeliség felé végzem el, amelynek a lépéseit a 4. fejezetben, átfogó magyarázatát pedig az 5. és 6. fejezetekben adom meg. Mindezek előtt azonban a CGE alapjainak ismertetésére kerül sor.

2.2. A CGE modellezés alapjai

Az előző oldalakon az általános egyensúlyelmélet és a CGE kapcsolatát mutattam be vázlatosan anélkül, hogy a teljesség igényével vállalkoztam volna egy elmélettörténeti fejezet megírására⁶. Didaktikai szempontból ez hiányosság, de valahol meg kell húzni a határt, mert a dolgozatom témája olyan széles körben érinti a különböző tudományterületeket, hogy nem lehet mindent részletesen ismertetni, nem lehet az alapoktól kezdeni az elmélettörténet, a mikro- és makroökonómia tárgyalását. Ezek ismerete nélkül valóban nem lehet belefogni az általános egyensúlyi modellezés gyakorlatába, fel kell tételeznünk a meglétüket. A közgazdaságtani elmélet a CGE motorja, az egyenletek formájában beépített törvényszerűségek a háttérben dolgoznak. A felhasználó akár fekete dobozként is kezelheti ezeket, a modellépítőnek természetesen a megfelelő ismerettel rendelkeznie kell. Amennyiben az „autót” csak használni akarjuk, valóban nem szükséges a motor működésének részletes ismerete, viszont kell egy kezelőfelület, amely áttekinthető, és tisztában vagyunk a hozzá kapcsolódó alapfogalmakkal. A CGE modell esetében is áttekinthető formában szükséges rendszerezni a modell szempontjából külső adottságként kezelt paramétereket és adatokat, továbbá meg kell jeleníteni a belső változók egyensúlyi megoldásban kapott értékeit. Ennek a szemléltetésnek a módszertani kiindulópontja az input-output táblázatok, amelyeket lényegesen továbbfejlesztve és átalakítva juthatunk el a társadalmi elszámolások mátrixának (SAM) felírásáig. Végző soron ez utóbbi lesz a CGE szemléltetésének fő eszköze, továbbá az ebből nyerhető elszámolási azonosságok szolgáltatják majd a CGE modell egyenleteinek egy jelentős részét is.

2.2.1. Az input-output (IO) analízis és a társadalmi elszámolások (SAM) mátrixa

Az első szélesebb körben ismertté vált input-output modellt Wassily Leontief alkotta meg 1936-ban (Leontief 1936). Lényege leegyszerűsítve, hogy bármely gazdasági szereplő

⁶ A tématerületet részletesebben tárgyalja Zalai (2000).

(ágazatok, háztartások stb.) által előállított output egyben valamelyik másik (vagy akár önmaga) gazdasági szereplő inputjaként szolgál. Az iparágak árucikkeket állítanak elő, amelyek egyrészt végső fogyasztásra kerülnek a háztartások részére, másrészt inputként kerülnek felhasználásra az egyes ágazatokban, mint alapanyag vagy köztes termék. Az ágazatok ugyanakkor elsődleges termelési tényezőket is felhasználnak, amelyeket a háztartások „állítanak elő”, miközben ez utóbbiak felhasználják a végső fogyasztásra szánt árucikkeket (Raa 2005). Az első input-output elemzésen alapuló alkalmazások viszonylag egyszerűbb formában kerültek prezentálásra (bár ha az ágazati bontás eléggé részletes, akkor a táblázat mérete és bonyolultsági foka megnövekszik) és többnyire az ágazati kapcsolatok mérlegét (ÁKM) mutatták be. A modellek egyszerűségük, jó áttekinthetőségük, és főleg linearitási tulajdonságuk miatt, még a számítógépes korszak előtt is, a gyakorlati alkalmazásokban nagy népszerűségnek örvendtek. Kiválóan lehetett alkalmazni a népgazdasági tervezések, az ármodellek, az erőforrás allokációs problémák stb. kezelésére. Szűkebb értelemben az input-output modellek önmagukban való áttekintését nem részletezném, illetve amilyen vonatkozásban az SCGE modell részeként felfogható, arra a 4. fejezetben térek majd ki. (Az input-output, illetve ÁKM modellekről bővebben lásd: Zalai 2000). A gazdasági szektorokat és a háztartásokat gyakorlatilag tetszőleges mélységben tovább lehet bontani, valamint kiegészíteni további szereplőkkel (államháztartás, külföld stb.). A fejlődés során a makrogazdasági input-output elemzés egyre összetettebbé vált, ugyanakkor jelentős hatást gyakorolt a statisztikai rendszerek fejlődésére is főként a nemzeti számlák rendszerének (SNA) kialakítása során. Mindemellett ez a módszer nem maradt meg kizárólagosan a makromodellek területén, hanem további olyan tudományterületek is átvették, mint például a regionális kapcsolatok elemzésére az interregionális input-output táblák (Isard és szerzőtársai 1998), vagy a vállalati folyamatok analízisére a vállalati egységek egymás közötti ill. a külvilággal való intern és extern kapcsolatait stb.

A társadalmi elszámolások mátrixa (SAM) logikailag az input-output elemzésre épül, annak egyfajta kiterjesztéseként értelmezhető. A klasszikus input-output kapcsolatokon túlmenően bemutatja a jövedelmek újraelosztását is oly módon, hogy a termelő ágazatok és a háztartások mellett bekapcsolja a rendszerbe többek között az államot, a külföldet stb. is. Ezáltal lehetőség nyílik olyan folyamatok szemléltetésére és elemzésére, mint például az adóztatás vagy annak változása, a fizetési mérleg folyamatok stb. hatásának vizsgálata.

Matematikai szerkezetét tekintve a SAM egy négyzetes mátrix, amelyen belül minden gazdasági szereplő megjelenik a sorokban és az oszlopokban is, mégpedig ugyanabban a sorrendben. Az elszámolási azonosságok kimutathatósága érdekében a SAM kizárólag értékadatokat tartalmazhat, szemben az input-output táblázatokkal, amely utóbbiak mennyiségi vagy értékadatokat alapján is összeállíthatók. A társadalmi elszámolási mátrix adott eleme, például az i . sor j . oszlopában található cella megmutatja, hogy mekkora összegű pénzbeli kifizetés történik j . oszlop szerinti szereplő részéről az i . sorban található szereplő

felé, egy adott időszak, például egy év alatt (Löfgren és szerzőtársai 2002). Ha az *i.* sorban egy ágazat, a *j.* oszlopban pedig a háztartások vagy azok valamilyen csoportja található, akkor a háztartásoknak az *i.* sorban található ágazattól való vásárlásait fogjuk a mátrix megfelelő helyén találni. Természetesen a szóban forgó ágazat ugyanekkora értékű árucikket vagy szolgáltatást ad cserébe a háztartásoknak, vagyis ebben az esetben megvalósul a szolgáltatás – ellenszolgáltatás egyezősége. Nem minden SAM cellával van ez így. Ha például az államot reprezentáló sort nézzük, akkor itt az adókat fogjuk találni, amellyel szemben közvetlen ellenszolgáltatás nem történik. Ha összességében nézzük a SAM sorait és oszlopait, akkor megállapíthatjuk, hogy a sorok összegzésével a gazdasági szereplők összjövedelmeit kapjuk, az oszlopok összegzése pedig az összkiadásokat fogja előállítani. Az adott gazdasági szereplő vonatkozásában ezeknek rendre meg kell egyezniük, vagyis a költségvetésének egyensúlyban kell lennie⁷.

A CGE modellek működésének megértéséhez feltétlenül szükséges a társadalmi elszámolási mátrix ismerete, ezért ennek szemléltetésére és részletes magyarázatára az alábbiakban a CGE modell vázának ismertetésével párhuzamosan kerül sor. A SAM táblázatának összeállításakor is nagyon sokféleképpen járhatunk el a részletezettség és az egyes sorok és oszlopok definícióinak szempontjából. Például külön-külön lehetne szerepeltetni az egyes ágazatok által előállított javak termelését reprezentáló tevékenységeket, valamint az árucikkek fogyasztását, majd e szóban forgó sorok és oszlopok között a megfelelő kapcsolatot megteremtteni. Ugyanakkor e sorokat és oszlopokat akár össze is lehet vonni, amennyiben ez nem okoz információvesztést. Az alábbiakban igyekeztem azt az elvet követni, hogy a sorok és oszlopok számát a minimálisra redukáljam a jobb áttekinthetőség érdekében.

2.2.2. Egy leegyszerűsített vázlat a CGE modellre

Az alábbiakban lépésről lépésre négy példa kerül ismertetésre a CGE modell összeállítása során. Az első a legegyszerűbb, a továbbiak pedig mindig valamilyen bővítései lesznek az előzőeknek vagy a legelsőnek. Mindegyikre igaz, hogy az ágazatokat egy-egy reprezentatív vállalattal helyettesítem, amely a költségei minimalizálására törekszik adott termelési függvény és tényezőárak mellett. A háztartásokat egyetlen aggregált szereplőnek tekintem, amely valamilyen hasznossági függvény mellett maximalizálja a hasznosságot a fogyasztási cikkek adott árai és a jövedelme alapján meghatározott költségvetési korlát mellett. A CGE

⁷ A pénzügyi közvetítőrendszer lehetővé teszi, hogy a gazdasági szereplő kiadásai és bevételei elszakadjanak egymástól oly módon, hogy egyesek nettó megtakarítói, míg mások hitelfelvevői pozícióban legyenek. Ez nem mond ellent a SAM logikájának, ugyanis ilyenkor, ha finanszírozási folyamatokat is modellezni akarjuk, akkor további sorokkal és oszlopokkal (pl. pénzügyi közvetítőrendszer) célszerű kibővíteni a táblázatot, továbbá a hitelállomány változásokat a mátrix megfelelő elemeiként definiálva a sorok és oszlopok megfelelő összesen rovatainak egyenlősége továbbra is fenntartható, illetve fenntartandó követelmény.

modellekben lehetőség van a háztartások több rétegre való bontására, amelyen belül eltérő preferenciákat megjelenítő hasznossági függvényeket, valamint a különböző erőforrás összetételt (például a tőke- vagy a bérjellegű jövedelmek aránya) vagy és ennek megfelelően különböző jövedelemstruktúrát is modellezhetünk. Számos hazai és külföldi alkalmazás ezt a továbbbontást meg is teszi lehetőséget adva arra, hogy ezáltal a háztartások viselkedésének alakulását kifinomultabban vegyük figyelembe. Az általam ismertett modellben az egyszerűség kedvéért azonos preferenciákat, vagyis homogén háztartásokat feltételeztem, ugyanakkor a modell csekély átalakításával lehetőség van a háztartási szektor fent leírt részletesebb modellezésére.

A CGE modell vázának ismertetése során szándékosan nem az egyenletek felírásával kezdem, mert bár az egzaktság követelményét ezzel tudnám a leginkább teljesíteni, de a szemléltetés és a modell szerkezetének megértése szempontjából előnyösebb, ha az egyensúlyi megoldást megjelenítő társadalmi elszámolások mátrixát, és a hozzá kapcsolódó egyéb adatokat mutatom be először. Miután ennek segítségével a főbb összefüggésekre rávilágítottam, ezt követően fogom visszavezetni azokat a megfelelő egyenletekre. A megfelelő módszertani alapokkal rendelkező és a modellek iránt komolyan érdeklődő közgazdászok egy részét már az elején elriasztaná, ha az első lépések között nehezen kibogozható jelölésrendszerrel és egyenletek tömkelegével árasztanánk el őket egy bonyolult modell kapcsán. Igyekszem viszonylag egyszerűbb modellekkel indítani, rögtön szemléltetve azokat, és az egyenletrendszer felírásánál is érthetően magyarázni a jelölésrendszert.

A társadalmi elszámolások mátrixát is több lépésen keresztül építem fel, kiindulva a legegyszerűbttől, és fokozatosan kiegészítve azt további elemekkel, eljutva végül egy olyan változathoz, amely már lényegében magában foglalja azokat a legfontosabb gazdasági szereplőket és folyamatokat, amelyek a CGE modellekben általában szerepelni szoktak. Ez az általam végsőnek tekintett változat természetesen csak egy stilizált CGE modell, illetve SAM táblázat, a gyakorlat szempontjából korántsem tekinthető végsőnek, ott ennél sokkal bonyolultabb modellekkel találkozhatunk. A fokozatos felépítés lépéseinek kiindulópontjaként Löfgren 2003-as modelljét vettem alapul, ugyanakkor számos ponton átalakítottam azt a jobb szemléltethetőség kedvéért. Első megközelítésemben, a SAM legegyszerűbb változatában még nincsenek köztes termékek, megtakarítások, beruházások, adók stb. ezek a további kibővítések során kerülnek majd beépítésre.

2.2.2.1. CGE-1 példa: egy leegyszerűsített vázlat

Tekintsünk egy gazdaságot, amelyben három szektor (mezőgazdaság, ipar és szolgáltatások) van, két darab elsődleges termelési tényező (munka és tőke), valamint azonos fogyasztói preferenciák, amely utóbbit egyetlen aggregált háztartásként jelenítünk meg. A termelési tényezők kínálata rögzített, ugyanakkor szabadon áramolhatnak az egyes szektorok között. Ez az első modell rendkívül leegyszerűsített, nincsenek benne köztes termékek, megtakarítások,

beruházások, kormányzat és külföld. Így a vállalatok inputként csak a munkát és tőkét használják fel, a megtermelt javak mindegyike végtermék és azonnal fogyasztásra kerül. A háztartások az összes jövedelmüket elköltik, és adók sincsenek. Tegyük fel, hogy ez a rendszer egyensúlyban van, és ehhez az állapothoz az alábbi társadalmi elszámolási mátrix tartozik:

értékben	m.gazd.	ipar	szolg.	munka	tőke	háztart.	összesen
m.gazd.						27,6	27,6
ipar						142,3	142,3
szolg.						281,9	281,9
munka	14,7	69,9	183,2				267,8
tőke	12,9	72,4	98,7				184,0
háztart.				267,8	184,0		451,8
összesen	27,6	142,3	281,9	267,8	184,0	451,8	

2-1. táblázat: Társadalmi elszámolási mátrix a CGE-1 példában

Mint ahogyan azt már korábban említettem, a táblázat minden egyes eleme értékben értendő. Az 1-3. sor esetében csak az utolsó oszlopban szerepel adat, vagyis a háztartások ilyen értékben vásárolnak (és fogyasztanak, mert nincs készlet felhalmozás) az egyes szektorok által előállított javakból, amely a vállalatoknál bevételként jelentkezik. Tökéletes versenyt feltételezve alkalmazhatjuk a zéró profit feltételt, vagyis a vállalatok összesen költségei (1-3. oszlop) egyenlők lesznek a bevételükkel (1-3. sor). A 4-5. sor azt mutatja, hogy az egyes szektorok mekkora értékben használnak fel az elsődleges inputokból, vagyis a munkából és a tőkéből, amely egyben a tényezők jövedelmeit is jelenti. A tényezőkből megszerzett jövedelmek a háztartásokhoz kerülnek, ezt olvashatjuk ki a 6. sorból, és ezt a jövedelmet költik el a háztartások fogyasztási javakra (6. oszlop). A sorok összegzésével kapott összesen oszlopban találjuk az összbevételt minden egyes gazdasági szereplőre nézve, az oszlopok összegzésével előállítható összesen sorban pedig az összkiadásokat, amelyek az elszámolási azonosságok miatt rendre megegyeznek az imént említett összbevételekkel.

A rendszer láthatóan egyensúlyban van, de hogyan került ebbe az állapotba? A SAM értékadatai mögött egyensúlyi mennyiségek és árak húzódnak meg. A változók közötti összefüggéseket a modell egyenletrendszere tartalmazza, amelyet ebben a részben függvénykapcsolatokkal írok le, a függvények konkrét alakját és az ennek megfelelő egyenletrendszert a 4. fejezetben mutatom be. Az alábbi táblázat az egyensúlyi mennyiségi adatokat mutatja be a természetes mértékegységekben kifejezve.

menny.	m.gazd.	ipar	szolg.	munka	tőke	háztart.	összesen
m.gazd.						12,8	12,8
ipar						131,7	131,7
szolg.						186,3	186,3
munka	11,4	54,0	141,6				207,0
tőke	12,9	72,4	98,7				184,0

2-2. táblázat: Az egyensúlyi mennyiségi adatok a CGE-1 példában

Az utolsó két sorban található termelési tényezők (munka és tőke) összesen oszlopában azok fix kínálata található, ennyi áll ezekből rendelkezésre, hogy a különböző szektorok számára elsődleges inputként szolgáljanak. Az elején, a modell számára exogén adatként, ezeket a tényező ellátottsági adatokat adjuk meg (esetünkben 207,0 egység munka és 184,0 egység tőke), amelyeket majd az egyensúlyi megoldásban különböző mértékekben osztunk szét, mint ahogyan ez az utolsó két sor első három oszlopában látható. Az, hogy milyen lesz végül ez a szétosztás, függ a tényező- és termékáraktól, valamint az egyes szektorokban alkalmazott technológiától, amely utóbbit a termelési függvényekkel jellemezhetünk. Ettől, valamint az áraktól és a kibocsátástól függ, hogy az egyes szektorok mekkora keresletet támasztanak a termelési tényezők iránt. Az egyensúlyi tényezőárak biztosítják, hogy a tényezők kereslete és kínálata meg fog egyezni. A háztartások oszlopának első három rovatából azt olvashatjuk ki, hogy rendre hány egységnyi termék került végső fogyasztásra az egyes szektorok által előállított javakból. A termékpiacok egyensúlya esetén a keresletnek és a kínálatnak meg kell egyeznie, ebből következik, hogy ugyanakkora volt a megfelelő szektorok kibocsátása is. A termék- és tényezőpiacok keresletének és kínálatának egyezőségét biztosító egyensúlyi árakat az alábbi táblázat szemlélteti:

megnev.	m.gazd.	ipar	szolg.	munka	tőke
árak	2,15	1,08	1,51	1,29	1,00

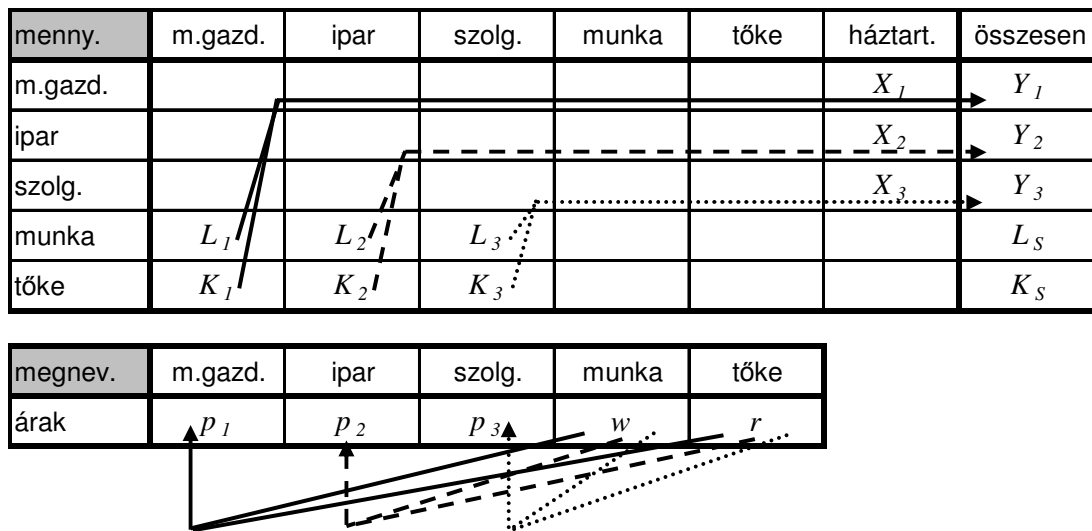
2-3. táblázat: Az egyensúlyi árak a CGE-1 példában

Ezekkel az árakkal egyenként külön-külön, rendre beszorozva a mennyiségi adatok mátrixának megfelelő sorait, lényegében megkapjuk azokat az értékadatokat, amelyekkel a SAM mátrixot majdnem teljes egészében ki lehet tölteni. A mennyiségi adatok mátrixa esetében csak a sorok összegzésének volt értelme, ugyanis az oszlopok szerint azért nem lehetett elvégezni az összeadást, mert különböző mértékegységekben szerepeltek az adatok. A SAM mátrixban ugyanakkor minden értéként szerepel, vagyis ki lehet egészíteni a táblázatot az oszlopok összegzését tartalmazó legelső sorral.

Vegyük észre, hogy a táblázat utolsó adataként szereplő tőke esetében az ár egységnyi. Ez az úgynevezett „ármérce”, amelyet a Walras törvényből kiindulva lerögzítettünk, és a többi árat ehhez viszonyítva értelmezzük. Ha az összes árat beszoroznánk például kettővel, akkor a $[4,30; 2,16; 3,02; 2,58; 2,00]$ árvektor ugyanúgy egyensúlyi megoldást szolgáltatna a rendszer számára, mint a táblázatból kiolvasható árvektor. Vagyis le kell rögzítenünk valamelyik árat, ez lehetne bármelyik termék vagy tényező ára, különben az egyenletrendszer alulhatározott marad. Esetünkben a tőke, mint termelési tényező árát tekintettük egységnyinek, amelynek a gyakorlati alkalmazásokban az lesz a haszna, hogy a tőkeállomány mérése során bizonyos egyszerűsítéseket tehetünk majd.

Tegyük fel, hogy vannak adataink a rendelkezésre álló munka- és tőkeállományról, meghatároztuk a termelési és hasznossági függvényeket, lerögzítettük az ármércét. Ebben az esetben egy „jól definiált” modell a vállalatok költségminimalizáló és a háztartások haszonmaximalizáló viselkedéséből, valamint a SAM elszámolási azonosságáiból egyensúlyi megoldást fog szolgáltatni.

A fentiekben ismertetett számszerűsített példában helyettesítsük a táblázat elemeit rendre a megfelelő változókkal, első lépésben az árvektor és a mennyiségi adatok esetében, továbbá nyilak formájában jelenítsük meg az összefüggéseket a változók között. Ennek megfelelően a szóban forgó táblázatok az alábbi formát öltik:



2-1. ábra: A változók jelölései és néhány függvénykapcsolat az árvektorban és a mennyiségi adatok mátrixában

Az L_S és K_S jelentik a munka és a tőke kínálatát, amelyet lerögzítünk, azaz külső adottságként kezelünk. Az L_m és K_m ($m=1..M$; $M=3$) jelöli az egyes szektorok tényezőkeresletét, vagyis ennyi munkát és tőkét fognak felhasználni az Y_m kibocsátás előállításához. A háztartások rendre X_m mennyiségek iránt támasztanak keresletet a megfelelő szektorok vonatkozásában. A

termékárakat p_m , a tényezőárakat w (munkabér) és r (kamat) jelöli. A kibocsátás és a termelési tényezők közötti kapcsolatot a termelési függvény adja meg az alábbiak szerint:

$$Y_m = Y_m(L_m, K_m) . \quad (2-1.)$$

Az összefüggéseket ehelyütt csak általános értelemben elemzem, a függvények lehetséges konkrét alakjairól és benne felhasznált további paraméterekről a későbbiekben, a 4. fejezetben lesz szó. Ebben a fejezetben csak annyit használunk fel, hogy a kibocsátás a munka és a tőke valamilyen függvénye. A termelési függvény paraméterei (akár a függvény típusa is) szektoronként különbözhet, ezért ahány szektor van, annyi $Y_m()$ termelési függvényt definiálunk. Ezeket a kapcsolatokat szemléltetik az ábrán az L_m , a K_m és az Y_m változók között látható nyilak, a mezőgazdaságnál folytonos, az iparnál szaggatott, a tercier szektor esetében pontozott vonallal. Az általános egyensúlyi modellek egyik nagy előnye, hogy feltételezhetjük a vállalatok költségminimalizáló (vagy profitmaximalizáló) magatartását⁸, nem szükséges tehát ezt a szélsőérték feladatot a modellen belül megoldani, hanem felhasználhatjuk azokat az elméleti eredményeket, amelyekből az optimális tényezőarányok és tényező keresleti függvények levezethetők. A modellbe már csak ezeket a keresleti függvényeket építjük be. Ennek eredményeként a munkabér (w) és a kamat (r) egyensúly esetén egyértelműen meghatározza a termékárakat (p_m), vagyis a fenti modellben felírhatjuk ez utóbbiakat a tényezőárak függvényeként:

$$p_m = p_m(w, r) . \quad (2-2.)$$

Ezeket a függvénykapcsolatokat szemléltetik a 2-1. ábra alsó részén, az árvektornál található nyilak. A háztartások haszonmaximalizáló viselkedése alapján, adott hasznossági függvény esetén a termékáraktól és a háztartások jövedelmétől függ az egyes szektorok iránti kereslet. Hasonlóan a termelési függvény esetéhez, a hasznossági függvény esetében sem szükséges a szélsőérték feladatot a modellen belül szerepeltetni, hanem alkalmazhatjuk azokat a mikroökonómiából ismert eredményeket, amelyek alapján a keresleti függvények megadhatók:

$$X_m = X_m(p_m, I_C) . \quad (2-3.)$$

ahol az I_C a háztartások fogyasztásra költött jövedelmét jelenti. A 2-2. ábra azokat a változókat és függvénykapcsolatokat próbálja meg teljeskörűen összefoglalni, amelyek meghatározó jelentőségűek az egyszerűsített CGE modellünk számára. Ezen belül

⁸ Megfelelő termelési függvény (például CES) választása esetén ugyanazt az optimális megoldást kapjuk, akár a költségminimalizáló, akár a profitmaximalizáló célfüggvényt használjuk. Tökéletes verseny feltétele mellett alkalmazhatjuk a nulla profit feltételt, amely mellett kissé furcsán hangzik a profitmaximum fogalom, de matematikailag ugyanúgy értelmes. Másrészt a CGE modellek többségében adott termékkeresletet kell a vállalatoknak kielégíteniük, amely mint elérendő kibocsátási cél mellett már csak a költségminimumra épülő szélsőérték feladat értelmezhető.

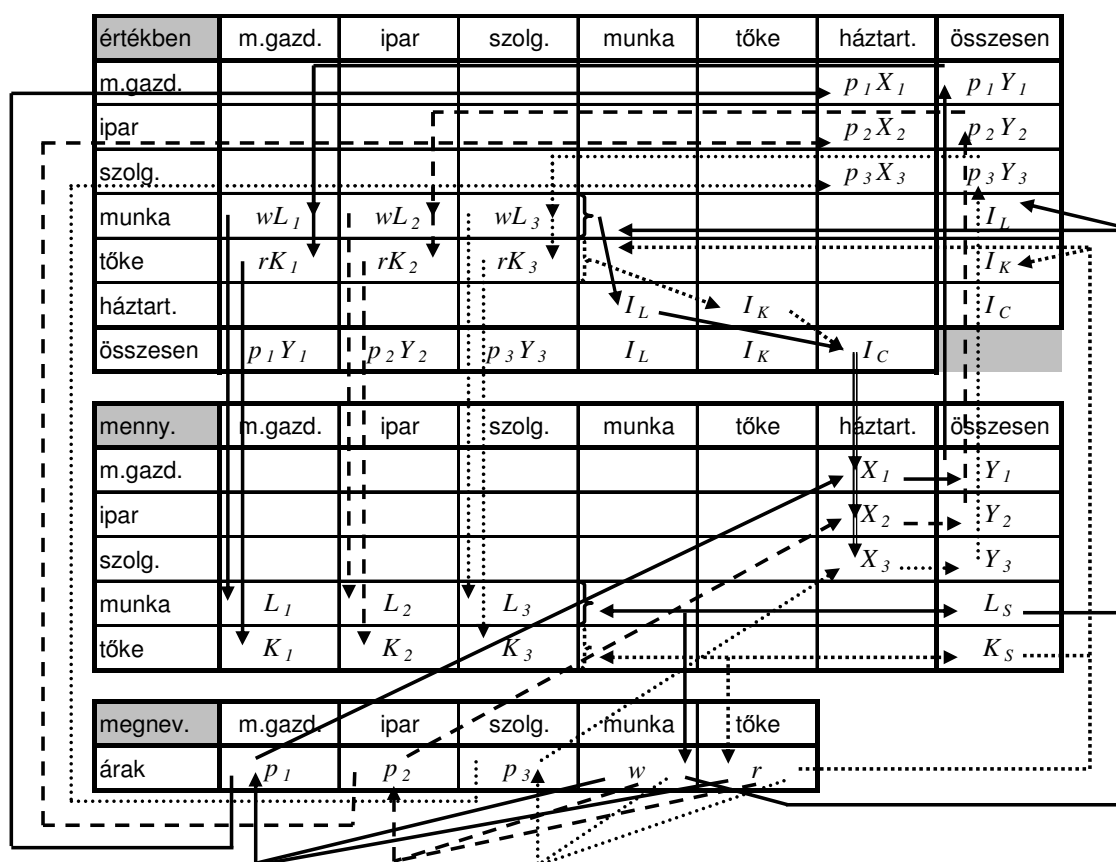
megtalálható a termékárak, a jövedelmek és a termékpiacokon megjelenő keresletek közötti, a fentiekben említett összefüggés is.

A háztartások jövedelme az I_L munkajövedelmekből és az I_K tőkejövedelmekből tevődik össze. A tényezőjövedelmek a megfelelő tényezőárak és a szektorok által támasztott tényezőkeresletek szorzatösszegeként adódnak:

$$I_L = \sum_m wL_m \quad (2-4.)$$

$$I_K = \sum_m rK_m \quad (2-5.)$$

A munkajövedelmek és a tőkejövedelmek összegeként áll elő a háztartások teljes jövedelme.



2-2. ábra: A változók közötti kapcsolatrendszer a CGE-1 példában

Mivel ebben a modellben nincsenek megtakarítások, adók stb., ezért ezt a jövedelmet teljes egészében fogyasztásra költik:

$$I_C = I_L + I_K \quad (2-6.)$$

A termékpiacok egyensúlya esetén a már korábban meghatározott kereslet egyenlő a szektorok által előállított kínálattal. Ebben az egyszerűsített modellben nincsen termelő felhasználás, ezért a kibocsátás teljes egészében végső fogyasztásra kerül. A vállalatok

bevétele a zéró profit feltétel miatt megegyezik a költségükkel, amely ebben a modellben nem más, mint a VA_m -mel jelölt hozzáadott érték:

$$Y_m = X_m , \quad (2-7.)$$

$$VA_m = p_m Y_m = p_m X_m , \quad (2-8.)$$

$$VA_m = wL_m + rK_m . \quad (2-9.)$$

A szektorok által támasztott tényezőkereslet a munka és a tőke esetében, adott termelési függvény mellett, valamint figyelembe véve a költségminimumot jelentő egyensúlyi megoldást az alábbi lesz:

$$L_m = L_m(w, VA_m) , \quad (2-10.)$$

$$K_m = K_m(r, VA_m) . \quad (2-11.)$$

A munka esetében L_D -vel, a tőke esetében pedig K_D -vel jelölve a teljes tényezőkeresletet, a szektoronkénti keresletek egyszerű összegzésével kapjuk a megfelelő, természetes mértékegységben kifejezett mennyiséget a tényezőkereslet vonatkozásában:

$$L_D = \sum_m L_m , \quad (2-12.)$$

$$K_D = \sum_m K_m . \quad (2-13.)$$

Végül a tényezőpiacoknak is egyensúlyba kell kerülniük, amelyet a munka esetében az egyensúlyi bér, a tőke esetében pedig az egyensúlyi kamatláb meghatározásával tudunk biztosítani:

$$L_D = L_S , \quad (2-14.)$$

$$K_D = K_S . \quad (2-15.)$$

A változók közötti összefüggéseket szemléltető ábrához kapcsolódóan felírtuk a modell egyenletrendszerét, amelyről feltesszük, hogy megoldható az ismeretlenek tekintett változók meghatározásával. Az egyenletszámlálás módszeréből (Zalai 2000, 17. o.) kiindulva megállapítható, hogy $5M+7$ darab független egyenletünk van és szintén $5M+7$ darab ismeretlenek tekinthető változónk. Ha azonban hozzáadjuk még az ármérce kijelöléseként az $r=1$ rögzítését is, akkor az egyenletek száma elvileg eggyel növekedne, azaz úgy tűnik, mintha az egyenletrendszer túldeterminált lenne. Figyelembe véve a Walras törvényt, és azt, hogy a keresleti függvényeink nullad fokon homogének, akkor ebből az következik, hogy az egyenleteink egymással összefüggőek, vagyis valamelyik, például az ármércének rögzített termék vagy tényező piacának egyensúlyára vonatkozó feltétel elhagyható. Esetünkben ez konkrétan azt jelenti, hogy ha a kamatlábat rögzítjük ($r=1$), akkor a munkapiac és a

termékpiacok egyensúlyának teljesülése esetén a tőkepiaci egyensúly automatikusan létrejön, nem szükséges ezt a feltételt előírni, vagyis a rendszerből a ($K_D=K_S$) egyenletet kihúzhatjuk. Így végső soron az egyenletszámlálás módszeréből adódó követelménynek továbbra is meg fogunk felelni.

Lineáris és független egyenletrendszer esetében a változók és az egyenletek számának egyezősége a szükséges és elégséges feltétele lenne a megoldás egyértelmű létezésének, ellenben a CGE modellek döntő többségében előfordulnak nemlineáris egyenletek is, mint ahogy ez a mi példánkban is valószínű, ha például a termelési függvény lehetséges alakjaira gondolunk. Ugyanakkor megfelelően „jó tulajdonságú” függvények választása esetén az egzisztencia és az unicitás követelménye is teljesülni fog, vagyis a konstanssal való szorzástól eltekintve egyértelműen megadható egy olyan árvektor, amely mellett a rendszer egyensúlyba kerül, és nem lehetséges ezen kívül (a konstanssal való szorzáson túlmenően) ettől eltérő árvektor, amely szintén egyensúlyi megoldást jelenthetne. Az ármérce (numeraire) lerögzítésével a megoldás tökéletesen egyértelművé válik.

Az ebben az alfejezetben ismertetett CGE-1 példa igencsak leegyszerűsített modellje a valóságos gazdasági rendszernek. Mint ahogyan tökéletes modell nincsen, ezért a bonyolultabb CGE modellek is tartalmaznak absztrakciókat. Ugyanakkor a modell bővítésével feloldhatunk bizonyos elvonatkoztatásokat, ezáltal valósághoz jobban közelítő szimulációkat tudunk végezni. A továbbiakban olyan lépéseket mutatok be a fenti CGE-1 példa bővítéseként értelmezve, amelyek újabb és újabb változókat, összefüggéseket jelenítenek meg, ezáltal olyan folyamatok is értelmezhetőek a segítségükkel, amelyek a fenti vázlatos modellből még hiányoztak.

2.2.2.2. CGE-2 példa: egy lehetséges bővítés az ágazati input-output kapcsolatokkal

A bővítés első lépéseként a szektorok közötti input-output kapcsolatokkal egészítjük ki a CGE-1 modellünket. A SAM táblázat mérete a CGE-2-ben nem változott, mert újabb gazdasági szereplőt (egyelőre) nem adtunk hozzá a modellhez. (Erre a későbbiekben még lesz példa, amikor például az államháztartással fogjuk bővíteni a modellt.) A társadalmi elszámolások mátrixán belül azonban a bal felső részben, amely korábban üres volt, most megjelentek a szektorok közötti kapcsolatok. Az első három oszlopot értelmezve, az itt található értékek azt jelentik, hogy adott kibocsátás megvalósításához nem csupán munkára és tőkére van szüksége az adott szektornak, hanem a folyó termelő-felhasználás miatt vásárolnia kell az összes szektor (beleértve saját magát is) által megtermelt javakból is. Így az oszlop alján található összes költség már nem csak a kifizetett munkabérből és a tőkehozamokból áll, hanem tartalmazza a beépülő, úgynevezett köztes termékek költségeit is. Az utolsó három oszlop szerkezetileg nem változott a CGE-1 modellhez képest.

érték	m.gazd.	ipar	szolg.	munka	tőke	háztart.	összesen
m.gazd.	5,8	19,5	11,8			27,6	64,7
ipar	9,9	39,0	38,1			142,2	229,2
szolg.	5,8	39,8	48,9			281,7	376,2
munka	23,1	64,2	180,2				267,5
tőke	20,1	66,7	97,2				184,0
háztart.				267,5	184,0		451,5
összesen	64,7	229,2	376,2	267,5	184,0	451,5	

2-4. táblázat: Társadalmi elszámolási mátrix a CGE-2 példában

A sorok szempontjából vizsgálva a változásokat, az első három sor alapján megállapítható, hogy a szektorok bevételei most már nem csak a háztartások felé történő végtermék értékesítésekből állnak, hanem a vállalatok egymás felé is értékesítenek köztes termékeket, és ebből is származik bevételük. Az utolsó három sor (hasonlóan az utolsó három oszlophoz) szintén nem változott a struktúráját tekintve. A fenti társadalmi elszámolási mátrix egyensúlyi értékei az alábbi egyensúlyi mennyiségek és árak alapján határozódnak meg:

menny.	m.gazd.	ipar	szolg.	munka	tőke	háztart.	összesen
m.gazd.	1,8	6,0	3,7			8,6	20,1
ipar	5,2	20,6	20,2			75,3	121,3
szolg.	2,8	19,4	23,8			137,4	183,4
munka	17,9	49,7	139,4				207,0
tőke	20,1	66,7	97,2				184,0

megnev.	m.gazd.	ipar	szolg.	munka	tőke
árak	3,22	1,89	2,05	1,29	1,00

2-5. táblázat: Egyensúlyi mennyiségek és árak a CGE-2 példában

A természetes mértékegységekben kifejezett mennyiségek mérlegét bemutató táblázat első sorának értelmezése a mezőgazdaság esetében a következő. A mezőgazdaság összesen 20,1 egységnyi terméket állít elő, amelyből 8,6 egység kerül végső fogyasztásra a háztartások által, a többit köztes terméként használják fel a termelő ágazatok: 1,8 egységet a mezőgazdaság, 6,0 egységet az ipar és 3,7 egységet a terciér szektor. A második és a harmadik sor értelmezése az ipar, illetve a szolgáltatások esetében hasonló az első soréhoz. A negyedik és az ötödik sor szerkezete nem változott a CGE-1 példához képest, ezekben a munka és a tőke iránti keresletet találhatjuk ágazatonként részletezve, valamint az összesen oszlopokban a

teljes tényezőkeresletet, amely egyensúly esetén meg fog egyezni a fixen rögzített tényezőkinálattal. Az árvektor esetében most is a tőke árát rögzítettük egységnyinek, ez tölti be tehát a numeraire szerepét.

Az összefüggéseket szemléltető nyilakat a szimbólumokkal jelölt változók között ebben, és a későbbi a példákban már nem rajzolom fel, mert ezek az ábrák a sokfelé ágazó kapcsolatok miatt kissé áttekinthetlenné válnának. A modell teljes egyenletrendszerének felírását sem ismétlem meg, mindössze azokra az összefüggésekre térek ki, amelyek valamilyen mértékben változtak a modell korábbi verziójához képest.

Az egyensúlyi árak meghatározásánál figyelembe kell venni, hogy egy adott termék ára ebben a példában nem csak a tényezőáraktól függ, hanem beépülnek a köztes termékek árai is. Így az árakat meghatározó függvények az alábbiak szerint módosulnak:

$$p_m = p_m(p_1, \dots, p_m, w, r) . \quad (2-16.)$$

A termékpiacokon a végső kereslet már nem lesz azonos a háztartások fogyasztási kiadásával, hanem kibővül a termelő-felhasználás által támasztott kereslettel. Jelöljük $IO_{m,n}$ szimbólummal azt a mennyiséget, amelyet az n -edik szektor vásárol összességében az m -edik szektortól. Ekkor az m -edik szektor kibocsátása a termékpiacok egyensúlya esetén:

$$Y_m = X_m + \sum IO_{m,n} . \quad (2-17.)$$

A hozzáadott érték vonatkozásában továbbra is igaz, hogy a tényezőárak és felhasználások szorzatösszegeként kapjuk, ellenben a kibocsátott termék árának és mennyiségének szorzata a (kibocsátás értéke) ebben az esetben jóval magasabb lesz a hozzáadott értéknél. Ennek oka, hogy az egységnyi termék árába beépülnek az egységnyi termék előállításához szükséges köztes javak költségei is. Definiálni szükséges tehát egy olyan fogalmat, amit ez egységnyi termékben lévő hozzáadott értéknek fogunk nevezni, és η_m -mel jelölni. Ezt úgy számíthatjuk ki, ha a termék árából levonjuk az egységnyi termék előállításához szükséges termelő-felhasználás értékét:

$$VA_m = \eta_m Y_m , \quad (2-18.)$$

$$\eta_m = p_m - \sum_n p_n a_{n,m} . \quad (2-19.)$$

Ahol az $a_{n,m}$ a fajlagos termék-ráfordítási (közvetlen ráfordítási) együtthatókat jelöli, és ebben a CGE-2 példában az alábbi számszerűsített értékeket alkalmaztuk:

adatok	m.gazd.	ipar	szolg.
m.gazd.	0,09	0,05	0,02
ipar	0,26	0,17	0,11
szolg.	0,14	0,16	0,13

2-6. táblázat: A fajlagos termék-ráfordítási együtthatók mátrixa a CGE-2 példában

Ennek értelmezése például az ipar oszlopán bemutatva, hogy egységnyi ipari termék előállításához a felhasznált elsődleges tényezőkn (munka és tőke) felül 0,05 egységnyi mezőgazdasági, 0,17 egység ipari termékre, továbbá 0,16 egységnyi szolgáltatásra van szükség, mint köztes input.

A termelő-felhasználás figyelembe vétele megváltoztatja az egyensúlyi helyzetet, mégpedig különböző $a_{n,m}$ együtthatók esetében különböző mértékben. A változást megfigyelhetjük például a CGE-2 modell eltérő egyensúlyi árvektorában a CGE-1 példához képest, de akár a SAM táblázatokra is pillantva szembeűnik a különbség. A kétféle SAM méret alapján nem különbözik egymástól, a CGE-2-ben azonban szerkezetileg bővebb tartalmú az ágazati input-output kapcsolatok miatt. A CGE-2 modell számítógépen futtatható változata segítségével például ki lehet próbálni, hogy milyen irányban és mértékben változtatja meg az egyensúlyi helyzetet, ha módosítunk a fajlagos termék-ráfordítási együtthatókon, a termelési függvény paraméterein, a fogyasztói preferenciákon stb. A komparatív statika módszerével összehasonlítható a kiinduló egyensúlyi állapot a módosítás utánival, amely eltérések alapján következtetések vonhatók le a változtatás hatásairól.

A további alfejezetekben olyan kibővítésekről lesz szó, ahol már a társadalmi elszámolások mátrixának a mérete is meg fog növekedni azáltal, hogy újabb gazdasági szereplőket vagy folyamatokat vonunk be a modellen belülre.

2.2.2.3. CGE-3 példa: A megtakarítások, a beruházások és az állam szerepe

A CGE-2 példát továbbfejlesztve következő lépésként beépítjük a modellbe a megtakarításokat, a beruházásokat és az államháztartást. Két-két sorral, illetve oszloppal bővítjük a társadalmi elszámolások mátrixát az alábbi táblázatnak megfelelően:

érték	m.gazd.	ipar	szolg.	munka	tőke	háztart.	megt.-ber.	állam	összesen
m.gazd.	5,0	19,7	12,1			19,9	3,2	6,2	66,1
ipar	8,5	39,4	38,9			102,8	33,9	66,0	289,5
szolg.	5,0	40,2	50,0			203,6	20,9	149,3	469,0
munka	19,8	64,9	184,2						268,9
tőke	17,2	67,4	99,4						184,0
háztart.				268,9	184,0			21,9	474,8
megt.-ber.						76,0		-18,0	58,0
állam	10,6	57,9	84,4			72,5			225,4
összesen	66,1	289,5	469,0	268,9	184,0	474,8	58,0	225,4	

2-7. táblázat: A társadalmi elszámolási mátrix a CGE-3 példában

Az egyik új sorban (oszlopban) összevontan szerepeltetjük a megtakarításoknak a beruházások felé történő transzformációját oly módon, hogy ebben a szóban forgó hetedik sorban a megtakarítások keletkezését ábrázoljuk, a hetedik oszlopban pedig a megtakarítások felhasználását. Feltesszük, hogy az aggregált megtakarítások és beruházások egyensúlyban vannak, vagyis a hetedik sor összege megegyezik a hetedik oszlopéval. A három szektorunk ebben a példában már nem csak fogyasztási javakat termel, hanem beruházási javakat is, amelyeknek az összértéke a SAM táblázat hetedik oszlopának első három sorában található. A modellben a háztartások viselkednek nettó megtakarítóként, az államháztartás ugyanakkor deficitese, amelyet az állam oszlopában található negatív szám jelképez. Így a háztartások megtakarításainak csak egy része transzformálódik beruházásokká, egy jelentős hányad a költségvetés hiányát finanszírozza.

A modellben kétféle adótípust definiáltunk, egyrészt a vállalatok által fizetett adókat amelyek mindhárom szektornál az utolsó sorban, az államháztartás bevételeinél szerepelnek. Másrészt a háztartások oszlopának legalsó adata a jövedelemadókat jelképezi. Az államháztartás kiadásai az utolsó oszlopon belül találhatóak, a közbeszerzési kiadások az első három sorban a megfelelő szektoroknál, a háztartások felé történő állami kifizetések (például jövedelemtranszferek) pedig a hatodik sorban.

A gazdasági szektorok által befizetett adókat TS_m -mel jelölve feltesszük, hogy az a szektor által megtermelt hozzáadott érték függvénye:

$$TS_m = TS_m(VA_m) . \quad (2-20.)$$

A háztartások által fizetett jövedelemadó (TH) ugyanakkor a különböző típusú jövedelmek függvénye:

$$TH = TH(I_L, I_K) . \quad (2-21.)$$

A háztartások megtakarításai (SH) a rendelkezésre álló jövedelemtől függenek, amely ebben a példában a tényezőjövedelmek és az államtól kapott transzferek (TR) összege, csökkentve az állam felé befizetett jövedelemadóval:

$$SH = SH(I_L, I_K, TR, TH) . \quad (2-22.)$$

A beruházási kiadások (INV_m) a háztartások megtakarításaitól és a költségvetési deficitől (DEF) függenek, ez utóbbi esetében a negatív előjelet figyelembe véve (szufficit esetén pozitív előjellel):

$$INV_m = INV_m(SH, DEF) . \quad (2-23.)$$

Az állami kiadások az egyes termelőszektorok felé (GOV_m) valamint a háztartások felé (TR) a költségvetési főösszeg függvénye, amely utóbbit az adók összegzésével kapunk, figyelembe véve a deficitet is:

$$TR = TR(TS_1, \dots, TS_M, TH, DEF) , \quad (2-24.)$$

$$GOV_m = GOV_m(TS_1, \dots, TS_M, TH, TR, DEF) . \quad (2-25.)$$

A CGE-3 példában ismertetett statikus modell a beruházások és az államadósság vonatkozásában nem tekinthető lezártnak, csupán rövid távon (egyetlen időszakra értelmezett egyensúly esetén) adja meg a komparatív statikán alapuló elemzés lehetőségét. Ahhoz, hogy a megfelelő lezárást megtehesük, több időszakra kellene dinamizálni a modellt, amelyen belül intertemporális (időszakok közötti) egyenletek felírásával kellene figyelembe venni a beruházások és a tőkeállomány változása, valamint a deficit és az államadósság változása közötti összefüggéseket. A jelenbeli beruházások teremtik meg az alapját a jövőbeli tőkeállományoknak, figyelembe véve az amortizációt is, hasonlóan ahhoz, ahogy az adott időszak államháztartási deficitje befolyásolja a következő időszakok államadósságát. A CGE modellek lezárásáról bővebben (Hosoe 1999) és (Zalai 2000) munkákban olvashatunk. Ebben a fejezetben kizárólag statikus modelleket ismertetek, a dinamizálás lehetőségeiről és a hosszú távú egyensúlyok kérdésköréről a későbbi fejezetekben lesz szó.

A társadalmi elszámolások mátrixában megjelenő rövid távú egyensúlyi értékek, hasonlóan a korábbi példákhoz, egyensúlyi árak és mennyiségek alapján alakulnak ki, az alábbi táblázat szerint:

menny.	m.gazd.	ipar	szolg.	munka	tőke	háztart.	megt.-ber.	állam	összesen
m.gazd.	1,5	6,1	3,8			6,2	1,0	1,9	20,5
ipar	4,5	20,8	20,5			54,2	17,9	34,8	152,7
szolg.	2,4	19,6	24,3			98,9	10,2	72,5	227,9
munka	15,3	50,0	141,7						207,0
tőke	17,2	67,4	99,4						184,0

megnev.	m.gazd.	ipar	szolg.	munka	tőke
árak	3,23	1,90	2,06	1,30	1,00

2-8. táblázat: Egyensúlyi mennyiségek és árak a CGE-3 példában

A termékpiacok keresletének és kínálatának összefüggésébe a köztes és a végső fogyasztásra szánt termékeken kívül be kell építenünk még a beruházási javak iránti keresletet XI_m , továbbá a kormányzat által az ágazatoktól vásárolt javak XG_m mennyiségét. Ez utóbbi kettő, természetes mértékegységben mért változó értéke a beruházási, illetve a kormányzati kiadásoktól függ, figyelembe véve az árvektort is:

$$Y_m = X_m + XI_m + XG_m + \sum_n IO_{m,n} , \quad (2-26.)$$

$$XI_m = \frac{INV_m}{P_m} , \quad (2-27.)$$

$$XG_m = \frac{GOV_m}{P_m} . \quad (2-28.)$$

Az adók és a megtakarítások áramlása mögött természetes mértékegységben mért mennyiségi adatok nincsenek, ugyanis ezek a folyamatok kizárólag pénzügyi jellegűek. A CGE-3 modellhez szintén elkészítettem az azt megoldó számítógépes programot.

A fent ismertetett CGE-1...CGE-3 modellek mindössze leegyszerűsített vázlatnak tekinthetők, számos lehetőség van még a SAM sorainak és oszlopainak bővítésére, az egyes gazdasági szereplők további alábontására, illetve kifinomultabb kezelésére. A szakirodalom áttanulmányozása során biztonsággal állítható, hogy a CGE modell bővítési és továbbfejlesztési lehetőségeinek száma gyakorlatilag végtelen, több ezer oldalt meg lehetne tölteni a különféle variációkkal, amelyek arról szólnak, hogy mit lehetne még figyelembe venni, vagy valamelyik összefüggést másképpen kezelni. Mivel dolgozatomnak nem a CGE modellezés ilyen irányú áttekintése a célja, hanem a térbeliség irányába történő továbbfejlesztés az SCGE modellek felé, ezért a lehetséges CGE variációknak az ilyesféle kutatásával nem foglalkozom.

2.2.2.4. CGE-4 példa: A térbeli kiterjesztés, interregionális export és import

A térbeli általános egyensúlyi modelleknél többek között szükséges a régiók közötti kereskedelem megjelenítése is, amely az adott régióra felírt CGE blokk esetében export-import kapcsolatokként értelmezhető. A szóban forgó régió esetében lényegében mindegy, hogy az export egy másik országba, vagy az országon belül egy másik régióba történik. Az előállított javak esetében kiszállítást, ennek pénzügyi ellentételezése pedig beáramló jövedelmet, azaz külső keresletet jelent. Hasonlóképpen értelmezhető az import, csak fordított előjellel. Kisebb területi egység, például megye vagy régió CGE blokkja esetében nehezen értelmezhető a központi kormányzat egyetlen egységként való szerepeltetése, ha pedig a régiók között szétszórva akarjuk modellezni, akkor a költségvetés területi újraelosztó szerepét kellene a modellbe építenünk. Ezek a közösségi döntések erősen átpolitizáltak, így azokat nehéz lenne formalizált szabályokkal leírni, a velük kapcsolatban beszerezhető adatok is meglehetősen pontatlanok, ha a költségvetés egészét akarnánk e szempont szerint területi egységekre szétszítani. Hasonló a helyzet a megtakarítások és a beruházások régiók közötti áramlásával, ekkor ugyanis a pénzügyi közvetítő rendszer térbeli újraelosztó hatását kellene mérnünk, amely adatokat a bankok belső üzleti titokként kezelnek.

Fejlett piacgazdaságok statisztikai rendszerében általában rendelkezésre állnak a regionális szintű, ágazatok közötti input-output táblázatok, magyarországi adatokról, legalábbis a dolgozat írásának időpontjában, nincs tudomásom. Gyakorlati szempontból kézenfekvőnek látszik tehát, ha nem a CGE-3 modellt fejlesztenénk tovább a térbeli kiterjesztés irányába, bár elméleti szempontból ez is lehetséges, és számos ehhez hasonló gyakorlati alkalmazásra is bukkanhatunk a külföldi irodalomban (Ivanova és szerzőtársai 2007), hanem a legegyszerűbb CGE-1 modelltől indulunk ki. A regionális makroökonómia szempontjából elméletileg ez vitatható továbbfejlesztési irány lenne, ugyanakkor a gyakorlati alkalmazhatóságot számos érv támasztja alá bizonyos feltételek teljesülése esetén. Ennek részletesebb kifejtésére az 5. fejezetben fogok kitérni.

A könnyebb érthetőség szempontjából is előnyös, ha nem egy viszonylag bonyolultabb modellt bővítünk tovább, hanem a lehető legegyszerűbb változaton mutatjuk be a térbeli kiterjesztést. Az alábbi társadalmi elszámolási mátrix a CGE-1 példához képest az oszlopok esetében annyiban bővült, hogy kiegészült két új oszloppal. Az egyikben az exportot ábrázoljuk abban az értelemben, hogy a három ágazatunk termékei iránt a régió kívüli háztartások mekkora keresletet támasztanak. Az utolsó helyen szereplő másik új oszlop a szállítási ágazat kiadásait mutatja be:

érték	m.gazd.	ipar	szolg.	munka	tőke	háztart.	export	szállítás	összesen
m.gazd.						9,4	5,4	2,2	17,0
ipar						57,9	34,1	13,9	105,9
szolg.						178,4	114,1	44,7	337,2
munka	9,1	52,0	219,1						280,1
tőke	7,9	53,9	118,1				4,1		184,0
háztart.				280,1	184,0				464,1
mg.import						14,6		3,4	18,0
ipar imp.						66,7		15,8	82,5
szolg.imp.						75,6		17,8	93,4
szállítás						61,6	36,2		97,8
összesen	17,0	105,9	337,2	280,1	184,0	464,1	193,9	97,8	

2-9. táblázat: A társadalmi elszámolási mátrix a CGE-4 példában

A szállítási ágazat a sorok szerint szintén az utolsó helyen szerepel, amelyen belül a bevételeit tüntettük fel. Az eddigiektől eltérő módon a sorok szerinti bővítésnél most nem követjük azt az elvet, hogy tökéletesen megegyező legyen az oszlopok szerkezetével. A három ágazatnak megfelelően három import sort szűrtünk be, amelyekben a régiókon kívüli ágazatok olyan bevételeit szerepeltettük, amelyek a régiókon belülről származnak. Az export és import elnevezésekkel kapcsolatban megszoktuk, hogy országhatáron átnyúló árukapcsolatokat értünk alatta, és ha a CGE modell alapegysége egy nemzetgazdaság lenne, akkor ezt továbbra is így kellene érteni. Ha azonban a területi alapegység a régió, illetve térbeli számítható általános egyensúlyi (SCGE) modell esetén régiók, akkor az export és import már nem csak az országhatárokat, hanem a régióhatárokat átlépő kereskedelmet is magában foglalja, vagyis beleértendő az összes (különösen a nemzetgazdaságon belüli) interregionális kereskedelem. A CGE-4 példában, mivel ezzel a regionális modell térbeli kiterjesztését kívánom előkészíteni, a makrogazdasági alapegység alatt nem a nemzetgazdaságot, hanem a régiót fogom érteni, belföld alatt az adott, szóban forgó régiót, külföld alatt a többi régiót, export és import alatt pedig a javak régiók közötti áramlását.

A régió háztartásai egy térbeli modellben nem csak a régió vállalataitól vásárolnak (1-3. sor), hanem a más régió vállalataitól is (7-9. sor). Meg kell különböztetnünk továbbá egy szállítási költségek nélküli (q) árat, amely a gyárkapuban érvényes, és amely termelői ár alapján számíthatjuk a vállalatok bevételeit. A háztartások azonban nem ezen az áron juthatnak hozzá a fogyasztási javakhoz, hanem a szállítási költséggel növelt $p=q(1+\tau)$ fogyasztói áron, ahol a τ azt jelenti, hogy a termelő árhoz még milyen arányú szállítási költség adódik hozzá, mire eljut a fogyasztóhoz. Szállítási költséget nem csak a régiók között értelmezhetünk, hanem a régióon belül is, mert bár térbeli szempontból tovább már nem bontjuk, azaz pontszerűnek képzeljük el, ugyanakkor joggal feltételezhetjük, hogy a valóságban a régióon belül is el kell juttatni a

javakat egyik helyről a másikra. Természetesen a régió belüli szállítási költség általában lényegesen alacsonyabb, mint a régiók közötti.

A háztartás tehát kifizeti a magasabb árat, a termelő viszont csak ennél kevesebbet kap meg. Hová lesz a különbözet, hol fog bevételként szerepelni az a qr rész, amit a fogyasztó megfizetett, de nem jutott el a termelőhöz? Ez fog megjelenni a szállítási ágazatnál, amely ebből a szolgáltatása előállítás céljából különféle javakat szerez be, nem csak a régió belüli ágazatoktól, hanem régió kívülről is. A fogyasztói kiadásokból tehát levonjuk a szállítási költségnek megfelelő részt, külön változóba gyűjtjük, és a háztartások oszlopában legalul, a szállítás soron szerepeltetjük. A szállítási ágazat teljesítményét természetes mértékegységben nem feltétlenül szükséges mérni és modellezni, mindössze azt az összefüggést kell alkalmazni, hogy milyen keresletet támaszt a szektorok felé.

A háztartások importkereslete hátrányosan érinti a belföldi ágazatokat, hiszen az ennek megfelelő fogyasztói kiadásokkal kevesebb lesz a kereslet. Ugyanakkor ezek az ágazatok külföldön is értékesíthetnek, az ebből levezethető keresletet találhatjuk az export oszlop első három sorában. Az exportbevételeink forrása a külföldi háztartások kiadásai, amelyeknél ugyanúgy értelmezni szükséges a termelői ár és a fogyasztói ár közötti különbséget, vagyis az exportként elnevezett külföldi szereplő is fizet a szállítási ágazatnak. A SAM táblázatban ezt az adatot megtalálhatjuk az export oszlopban legalul, a szállítás sorban.

Hasonlóan a korábbi verziókhöz, ebben a példában is az egyensúlyi árak és mennyiségek alapján lehet kitölteni a fent ismertetett társadalmi elszámolási mátrixot.

Az árvektor értelmezése itt kissé összetettebb feladat, mint a korábbi példákban volt. Az úgynevezett elsődleges árvektor, amely magában foglalja a termelői- és a tényezőárakat egyaránt, a táblázatban fehér színű háttérrel jelenik meg. Ezekhez a termékárhoz hozzá kell adni még a szállítási költséget, és ezen a megnövelt áron versenyeznek a vállalatok a különböző régiók piacain.

menny.	m.gazd.	ipar	szolg.	munka	tőke	háztart.	export	szállítás	összesen
m.gazd.						4,2	2,5	1,0	7,7
ipar						52,4	30,9	12,5	95,8
szolg.						114,5	73,2	28,7	216,4
munka	6,7	38,4	161,9						207,0
tőke	7,9	53,9	118,1				4,1		184,0
mg.import						8,3		1,9	10,2
ipar imp.						49,7		11,7	61,4
szolg.imp.						48,5		11,5	60,0

megnev.	m.gazd.	ipar	szolg.	munka	tőke	megnev.	m.gazd.	ipar	szolg.
árak (q)	2,20	1,10	1,56	1,35	1,00	árak (π)	2,27	1,47	1,78

2-10. táblázat: Egyensúlyi mennyiségek és árak a CGE-4 példában

Egy adott régió piacán a különböző régiók vállalatai eltérő árakon versenyeznek, emiatt a tökéletes verseny feltételezését a továbbiakban nem lehet alkalmazni. Homogén termékeket és tökéletes versenyt feltételezve ugyanis, ha a külföldi beszállító drágábban kínálja ugyanazt a terméket, akkor a vele szemben megnyilvánuló keresletnek nullára kellene csökkennie. Ezzel szemben bevezethetünk például egy μ árrugalmasságot, amely azt fogja modellezni, hogy ha egy adott régió termékének az ára 1%-kal növekszik (ebből a szempontból mindegy, hogy a termelői ár vagy a szállítási költség növekedése miatt), akkor ennek következményeként a vele szemben fellépő kereslet $\mu\%$ -kal fog csökkenni, ugyanakkor nem szűnik meg teljesen (Armington 1969). Ez azt jelenti, hogy egy adott piacon a különböző régiókból származó termékek megkülönböztető jegyekkel bírnak, egy külső régióból származó terméket akkor is meg fognak vásárolni a háztartások, ha drágább, mert esetleg jobb minőségű. A régiók közötti kereskedelemben a verseny egyfajta monopolisztikus jelleget ölt.

A táblázat jobb alsó részében szürke háttérrel jelzett π árak magyarázata a régiók közötti különbségeken és a szállítási költségeken alapszik. Tekintsünk egy belföldi piacot, ahová több külföldi termelő is szállít. Az eltérő regionális adottságok miatt különböző termelői árak fognak kialakulni, amelyet a még ennél is sokszínűbb szállítási költségek tovább módosítanak. Ezek a külső régiók a hazai ágazatokkal együtt valamilyen részesedési arányt fognak elérni a belső piacon, amely alapján egyfajta súlyozott átlagos árat, más szóval egy jellemző árszínvonalat definiálhatunk minden egyes ágazat piacán külön-külön. Ez utóbbit jelöltük π -vel, és úgy értelmezhetjük, mintha a háztartások kereslete ezen az átlagos áron realizálná. Vagyis ha a fogyasztók által keresett mennyiségeket rendre ezekkel az árakkal szorozzuk be, (de nem adjuk hozzá a szállítási ágazatnak fizetett összeget, mert ez az ár már tartalmazza a szállítási költségeket), akkor ugyanazt a fogyasztói összkiadást kapjuk, mintha a termelői árakkal szoroztuk volna a keresletet, de hozzáadjuk még a külön kiszámított teljes szállítási összköltséget.

Az export oszlop és a tőke sor találkozásánál található érték szintén magyarázatot igényel. Félreérthető abból a szempontból, mintha az időperiódus alatti tőkeexportot jelentené, de nem egészen ezt értjük alatta. Ha a SAM táblázat felől közelítjük meg a kérdést, akkor olyan tényezőjövédelmet értünk alatta, amely abból származik, hogy a háttérben lévő tőkeállományt nem az adott régióban működtetik, hanem más régiókban. Az innen származó jövedelmek, illetve azok nettó egyenlege olyan pótlólagos jövedelmet keletkeztet a szóban forgó hazai régiókban, amely lehetővé teszi, hogy az export és az import főösszeg (adósság keletkeztetése nélkül) értékben eltérjenek egymástól. A mennyiségi táblázat esetében pedig a már korábban befektetett, és jelenleg a külföldinek számító régióban működő tőkeállományt értjük alatta. Összességében megállapítható, hogy ez a példa a régiók közötti tényezőáramlást rövid távon is lehetővé teszi a tőke vonatkozásában. A munkát ugyanakkor ez a modell tökéletesen immobilnak tekinti, legalábbis rövid távon. Akkor beszélhetnénk a külföldön megszerzett munkajövedelmek hazai elköltéséről, ha a munkaerő-mobilitást az ingázás szintjén is megengednénk. A modellünk dinamikus változatai mindemellett lehetővé teszik a munka, mint termelési tényező régiók közötti áramlását a migráció formájában hosszú távon olyan formában, hogy egyik időszakról a másikra megváltozhat az adott régióban rendelkezésre álló munkaerő kínálat. Ez nem mond ellent annak sem, hogy rövid távon, azaz egy adott időperióduson belül a munka kínálatát fixen rögzítettük. A munkaerő migrációjának modellezéséről a későbbi fejezetekben lesz szó.

Az ebben az alfejezetben ismertetett CGE-4 példához tartozó, az egyensúlyi megoldást megvalósító számítógépes programot a Matlab segítségével készítettem el. Ebben a szóban forgó szimulációban szimultán módon két régiót, és a közöttük lévő kapcsolatokat modelleztem. A fenti alfejezetnek a táblázatai az 1. számú régiót szemléltették, ugyanakkor a 2. számú régió táblázatai szerkezetileg ezzel azonosak, csak a számszerűsített adatokban különbözik az eltérő paraméterek és az interregionális kapcsolatok miatt.

A CGE-1...CGE-4 példákat bevezetesként szántam a számszerűsített általános egyensúlyi modellezésbe. Egyszerűségük és könnyű áttekinthetőségük arra adott lehetőséget, hogy a legfontosabb összefüggéseket áttekintsem. A 4. fejezetben a fentieknél kissé bonyolultabb modellek segítségével mutatom be lépésről-lépésre a térbeli számszerűsített általános egyensúlyi modell felépítésének menetét, ott már konkrét függvényformákkal. A gyakorlatban azonban még ezeknél is sokkal komplexebb CGE, illetve SCGE modellekkel találkozhatunk, amelyek megértéséhez feltétlenül szükséges az egyszerűbb változatokból kiindulva fokozatosan áttekinteni a módszertani alapokat. Ennek a 2. fejezetnek ez volt, és a későbbi 4. fejezetnek is ez lesz az egyik fő célkitűzése.

3. Az SCGE modellek elméleti háttere és az „új gazdaságföldrajz”

A modern gazdasági rendszerek megjelenése előtt a kereskedelmi költségek, a közlekedési hálózat voltak inkább a meghatározó tényezők a centrum-periféria struktúrák kialakulásában, ellenben a szállítási költségek tovább csökkenésével ez a térbeli szerkezet felbomlani látszik, az elmaradott térségek olcsó input árainak kihasználása éppen ezáltal válik lehetővé, ez pedig csökkentené az ipari termelés koncentrációját. A regionális különbségek azonban tovább növekedhetnek, a nyertesek a jó innovációs adottságokkal rendelkező agglomerációk közül kerülnek ki, akik a pozitív lokális extern hatások révén minél jobban ki tudják használni a növekvő skálahozadékból adódó versenyelőnyt.

Az ipar növekvő skálahozadéka, a szállítási költségek, és a bővülő ipari kereslet kölcsönhatásain alapuló centrum-periféria modellt először Krugman dolgozta ki (Krugman 1991a), később a modellnek a több régió esetére való továbbfejlesztése is megtörtént, amely lehetővé tette az elmélet alkalmazását a bonyolultabb térszerkezetek leírására. Krugman centrum-periféria modellje az „új gazdaságföldrajz” (ÚGF⁹) kutatási programjának megalapozása is egyben, amelynek célja, hogy az egyes gazdasági szereplők (fogyasztók/termelők) mikroökonómiai megalapozottságú viselkedéséből kiindulva adjon magyarázatot a gazdaságok térszerkezetének létrejöttére (Fujita–Krugman–Venables 1999).

Az ÚGF rendszerének bemutatására több kiváló munka született a nemzetközi szakirodalomban (Fujita–Thisse 2002, Baldwin és szerzőtársai 2003, Combes–Mayer–Thisse 2008, Brakman–Garretsen–Marrewijk 2009).

Az új gazdaságföldrajz programja a térbeli általános egyensúlyi elméletek kidolgozása révén való vizsgálatokat célozza, amely cél elmélettörténeti perspektívából szemlélve igazából nem új. A „térgazdaságtan atyjaként” említhető Johann von Thünen zárt gazdasági modellje is már térbeli általános egyensúlyi elméletként értelmezhető, amely bemutatja azt, hogy a vidéki és városi gazdasági szereplők optimalizáló tevékenysége eredményeként miként alakul ki a korabeli német tartományokra jellemző gazdasági térszerkezet (Thünen 1826, 1930; Samuelson 1983). Magyar nyelven Varga (2003) tanulmányában találkozunk Thünen általános egyensúlyi modelljének interpretációjával (Varga 2003).

Thünen után az általános egyensúlyi szemlélet egészen az ÚGF megjelenéséig lényegében lekerült a térgazdaságtan kutatási programjáról. A vizsgálatok vagy a telephelyelméleteket gazdagították parciális egyensúlyi keretben, vagy a gazdasági térszerkezet inkább verbális, vagy geometriai megközelítését célozták. Míg Thünnennél a fókusz a mezőgazdasági szereplők térbeli döntésein volt, addig Alfred Weber telephelyelméletében (Weber 1909, 1929) az ipari

⁹ Az ÚGF rövidítésnek a megfelelője az angol nyelvű szakirodalomban NEG (New Economic Geography).

termelők térbeli döntéseit tanulmányozta. Weber munkássága lett az alapja a telephelyelmélet hatalmas irodalmának (Greenhut–Norman 1995).

A központi helyek elméletét (Christaller 1933, 1966; Lösch 1940, 1954) sokkal inkább jellemzi az „ideális gazdasági térstruktúrák” geometriai megközelítéssel való magyarázata, mint az egyes szereplők viselkedéséből levezett általános egyensúlyi megközelítés (Brakman–Garretsen–Marrewijk 2009). Bővebben Lösch és Christaller munkásságáról magyar nyelven a 2004-ben megjelent „Regionális gazdaságtan” című tankönyvben lehet olvasni (Lengyel–Rechnitzer 2004). Az egyenlőtlen térszerkezet kialakulásának sokat hivatkozott magyarázatát adják Myrdal és Hirschmann elméletei, melyek a centrifugális és centripetális erőkön keresztül írják le a nagy agglomerációk és a perifériák kettősségének kialakulását (Myrdal, 1957; Hirschman 1958).

A modern telephelyelmélet (Isard 1956) és regionális tudomány egyik megalapítójaként, nem ritkán szülőatyjaként említett Walter Isard a regionális elemzés módszertanának alapköveit rakta le (Isard 1960). Jelentős érdemei voltak abban is, hogy XX. század második felétől a regionális tudomány az egyetemi oktatás meghatározó részévé vált, illetve kutatóintézetek megalapítására került sor.

Ottaviano és Thisse szerint Krugman 1991-es tanulmányának megjelenése előtt a térszerkezet magyarázatának minden lényeges építőköve megvolt már (például az agglomerációs erők szerepének felismerése, a szállítási költség, az árverseny centrifugális hatásainak, vagy annak a belátása, hogy a térszerkezetet kumulatíván ható folyamatok magyarázzák), ami hiányzott az az volt, hogy valaki mindezeket az elemeket a nem tökéletes piaci verseny általános egyensúlyi modelljébe rendezze (Ottaviano–Thisse 2004).

A fejezet hátralévő részében Krugman centrum-periféria modelljének ismertetése következik¹⁰. Krugman modellje nemcsak az új gazdaságföldrajz későbbi elméleteinek alapja, hanem a térbeli számszerűsített általános egyensúlyi modellek kiindulópontja is.

3.1. A Krugman féle centrum-periféria modell

A címben hivatkozott centrum-periféria modellnek többféle interpretációja ismeretes, ezek közül ehelyütt az 1999-ben kiadott könyvben (Fujita–Krugman–Venables 1999) található változatot ismertetjük. A korábbi hagyományokkal szakítva, a térbeli általános egyensúlyi modellek újszerű mikroökonómiai kiindulási alapja lehet a monopolisztikus verseny feltételezése mellett kidolgozott általános egyensúly elmélet (Dixit–Stiglitz 1977), valamint az ennek térgazdaságtani aspektusaira építő centrum-periféria, vagy többregióos modellek (Fujita–Krugman–Venables 1999). A tökéletes piac feltevésének elvetése mellett a modell

¹⁰ A fejezetben található, az ÚGF modellel összefüggő képletek megfelelnek a többször is hivatkozott könyv (Fujita–Krugman–Venables 1999) jelölésrendszerének, a szóban forgó egyenletek onnan kerültek átvételre.

jelentős mértékben épít a növekvő skáláhozadéokra is. Az alapegyenletek és változók, amelyekre a későbbiekben a térgazdaságtani levezetés épül, az alábbiak:

Az egyéni fogyasztó hasznossági függvénye kétszintű, amelyen belül a külső, aggregáltabb szint a mezőgazdasági és ipari termékek közötti helyettesítést reprezentálja Cobb-Douglas típusú függvényforma szerint:

$$U = M^\mu A^{1-\mu} \quad (3-1.)$$

Ahol az „A” a homogénnek feltételezett agrártermék fogyasztása, $0 < \mu < 1$: mutatja az ipari termékek vásárlására fordított kiadások arányát. A kétlépcsős hasznossági függvény belső szintjén az M a többféle, $(i=1, \dots, n)$ ipari termék $m(i)$ mennyiségű fogyasztásából képzett összetett index az alábbiak szerint:

$$M = \left[\int_0^n m(i)^{\sigma-1/\sigma} di \right]^{\sigma/\sigma-1} \quad (3-2.)$$

A $\sigma > 1$ reprezentálja az ipari termékek helyettesítési rugalmasságát. A fogyasztó költségvetési korlátja, ha Y a jövedelem:

$$Y = p^A A + \int_0^n p(i) m(i) di \quad (3-3.)$$

Amely egy olyan optimalizálási feladathoz vezet, amelyben vagy az adott hasznosság eléréséhez minimalizáljuk a kiadásokat, vagy pedig adott rendelkezésre álló jövedelem esetén keressük a hasznossági függvény maximumát.

Az említett feltételek mellett, kiegészítve a későbbiekben ismertetendő „jéghegy-elv” alapján a szállítási költségekkel, levezethető az általános egyensúlyi állapot, amelyből a modellben felhasználandó árindex és nominálbér (3-13. és 3-14.) egyenletek adódnak.

Az elméleti következtetések segítségével arra keressük a választ, hogy milyen tényezők hatására koncentrálódik a térben nem csak általában az ipari termelés, hanem ezen belül a K+F tevékenység is. Ehhez azonban a szóban forgó módszertani alapok kiegészítése lenne szükséges a technológiai fejlődés indikátorainak formalizált módon történő figyelembe vételével. A centrum-periféria modell ismertetésén túlmenően a későbbi fejezetekben kitérek majd az olyan jellegű kiegészítésekre is, amelyekben az elmélet lehetséges gyakorlati továbbfejlesztésének irányait vázolom fel a régiók eltérő technológiai fejlődéséből adódó, termelékenységbeli különbségek figyelembe vételével.

3.1.1. Kiinduló feltételezések

A térszemléletet Krugman oly módon építeti be modelljébe, hogy R darab régió piaci egyensúlyi állapotát határozza meg, amelyek között feltételezi a termékek korlátozásoktól mentes, de költségekkel járó kereskedelmét, és a munkaerő szabad áramlását. A tőke szabad mozgása a cégek telephely változtatásának lehetőségeként, implicit módon van figyelembe véve. A gazdaságot két alapvető szektorra, mezőgazdaságra és iparra bontja, amelyek között azonban lényeges különbségeket definiál. Amíg a mezőgazdaság az állandó skáláhozadékkal és a tökéletes verseny állapotával jellemezhető, addig az iparban a növekvő skáláhozadék érvényesül a monopolisztikus verseny körülményei között.

Jelölje az indexekben „ A ” a mezőgazdaságot, és „ M ” az ipart. Legyen globálisan L^A darab farmer és L^M darab ipari munkás. Ha normalizált módon választjuk meg a változók mértékegységeit, akkor μ -vel jelölve az ipari munkások arányát:

$$\mu = \frac{L^M}{L^A + L^M} , \quad (3-4.)$$

valamint a mezőgazdaságban foglalkoztatottak aránya:

$$1 - \mu = \frac{L^A}{L^A + L^M} . \quad (3-5.)$$

A regionális szinten kimutatható munkaerő eloszlás szerinti különbségeket az adott ágazatban globálisan foglalkoztatottak számához viszonyítjuk. Ennek megfelelően a képezhető arányszámok megmutatják, hogy például az iparban foglalkoztatottak hány százaléka esik egy adott régióra. Bevezetjük az alábbi jelöléseket:

λ_r : az ipari munkások száma az r régióban:

$$\sum_{r=1}^R \lambda_r = 1 , \quad (3-6.)$$

ϕ_r : a farmerek száma az r régióban:

$$\sum_{r=1}^R \phi_r = 1 . \quad (3-7.)$$

3.1.2. A szállítási költségek figyelembe vétele a „jéghegy-elv” alapján

Az általánosan értelmezhető kereskedelmi költségek a szállítási költségek modellezésére alkalmas Samuelson-féle „jéghegy-elv” alapján kerülnek figyelembe vételre oly módon, hogy az r és s régiók közötti viszonylatban az útnak indított áruk $1/T_{r,s}$ -ed része érkezik meg. Ebből a definícióból következik, hogy a $T_{r,s}$ nem lehet kisebb 1-nél:

$$1 \leq T_{r,s} < +\infty . \quad (3-8.)$$

A $T_{r,s} = 1$ eset speciálisan azt jelenti, hogy a szállítási költségektől eltekinthetünk, ezzel szemben ha $T_{r,s}$ extrém nagy értéket vesz fel, az gyakorlatilag a kereskedelem korlátozásával egyenértékűnek tekinthető. Krugman csak az ipari termékek vonatkozásában számol a szállítási költséggel, a mezőgazdasági áruk esetében ettől eltekint. Ez nyilvánvalóan túlzott absztrakció (a későbbi modellekben Krugman ezt az elvonatkoztatást már feloldja, és figyelembe veszi az agrártermékek szállítási költségeit is), mert a valóságban az agrártermékek pénzben kifejezett 1 egységére jutó szállítási költsége általában meghaladja a magasan feldolgozott ipari termékekét. Ez azonban a centrum-periféria modell értékét jelentősen nem csökkenti, mert ez a hiányossága a bonyolultsági foka növelésével pótolható lenne, ugyanakkor éppen az egyszerűsége az, amelynek alapján a közgazdasági gondolkodás fő irányzatának figyelmét felhívhatja a térszemlélet fontosságára. A „mainstream economics” többek között azért maradt adós az egyensúlyelmélet ilyen irányú átdolgozásával, mert hiányoztak azok a módszertani alapok, amelyekkel a régiók közötti egyensúlyt formalizált módon leírhatták volna. „A Dixit és Stiglitz (1977) által a gazdaság általános egyensúlyát a monopolisztikus verseny körülményei között magyarázó modell megalkotása a térmagyarázat szempontjából mérföldkőnek minősül, hiszen ennek alapján vált lehetővé az új gazdaságföldrajz alapmodelljének, a centrum-periféria (CP) modellnek a megalkotása.” (Varga 2009)

3.1.3. A σ paraméter háromféle értelmezése

A monopolisztikus verseny melletti egyensúlyban kitüntetett szerepe van a σ paraméternek, amelyet kezdetben az ipari termékek helyettesítési rugalmasságaként definiáltak. Elegendően nagy számú diverzifikált ipari termék esetén belátható, hogy a σ értéke egyre jobban közelít a kereslet árrugalmasságához. Ahogy Krugman bizonyította is, a piaci egyensúlyi állapotban a σ a növekvő skáláhozadék inverz mérőszáma is egyben, valamint a lehetséges értékek az alábbi intervallumba esnek:

$$1 < \sigma < +\infty . \quad (3-9.)$$

3.1.4. Direkt versus indirekt megközelítésmód

A centrum-periféria modell első változata a gazdasági tevékenység földrajzi sűrűsödésének kialakulását indirekt úton közelítette meg, tehát nem azt a kérdést tette fel, hogy milyen tényezők hatására jön létre a térbeli koncentráció, hanem a meglévő különbségek fenntarthatóságának körülményeit vizsgálta, vagyis azt a kérdést tette fel, hogy a paraméterek milyen értékei mellett bomlik fel a CP struktúra. A centrumból perifériára történő kiköltözés feltételeit többféle gazdasági szereplő szemszögéből lehet vizsgálni. Krugmantól a modell megszerkesztése során két különböző megközelítést láthatunk. A korábbi verzió szerint

(Krugman 1991a) a cégek profitmaximalizálási törekvései döntik el az áttelepülés kérdését, a második változatban (Fujita–Krugman–Venables 1999) a reálbérek különbségének hatására az ipari munkások egy csoportja választja lakó- és munkahelyéül az egyik vagy a másik régiót. Ez utóbbi változat tehát az egyenletrendszer szimultán megoldásával lehetővé tette a folyamat direkt módon történő magyarázatát, vagyis annak a kérdésnek a feltevését, hogy milyen feltételek mellett jön létre az ipari koncentráció. Mivel az általános egyensúly feltételezése mellett határozódnak meg a profitlehetőségek és a reálbérek is, ezért a kétféle kiindulási alap között logikai különbség nincs, mindössze az interpretáció, a verbálisan hozzáfűzött magyarázat dönti el, hogy direkt vagy indirekt megközelítésmódnak nevezzük-e a szóban forgó modellt. Nyilvánvaló, hogy az ipari vállalatok akkor tudnak magasabb béreket fizetni egy adott régióban, ha ott a jövedelmezőségi kilátások kedvezőbbek. Ezért a cégek áttelepülése feltételezi és maga után is vonja a munkások odaköltözését. A második megközelítésmódban hangsúlyosabb szerepet kapnak az alábbi változók:

G_r : az ipari árindex az r régióban,

w_r : A nominális bérek az iparban az r régióban,

ω_r : Az ipari reálbérek az r régióban,

amelyek között az alábbi triviális összefüggés írható fel, amennyiben figyelembe vesszük, hogy az ipari szektor globális aránya μ a teljes gazdaságon belül, és ugyanígy a jövedelmek elköltésének aránya is ennek megfelelően alakul:

$$\omega_r = \frac{w_r}{G_r^\mu} . \quad (3-10.)$$

A mezőgazdaságban nem csak a munkabérek, hanem a termékek árai között sincsenek különbségek, mert a kiinduló feltételezés szerint a mezőgazdaság állandó skáláhozadék mellett és a tökéletes piaci verseny viszonyai között működik, továbbá a mezőgazdasági termékekre nincs szállítási költség. Így a bérek megfelelő mértékegységűül a mezőgazdaságban foglalkoztatottak jövedelmét választva:

$$w_r^A = 1 , \quad (3-11.)$$

ahol az „A” felső index a mezőgazdaság (agriculture) szektorára utal. Az ipari béreket nem jelöljük külön indexszel, így ahol a felső index hiányzik, ott mindig értelemszerűen az iparban foglalkoztatottak bérét értjük alatta. A fent bevezetett jelölésmódokat megtartva, valamint az r régióban realizált nominális összjövedelmet Y_r -rel jelölve kapjuk:

$$Y_r = \mu \lambda_r w_r + (1 - \mu) \phi_r , \quad (3-12.)$$

ahol az első tag az ipari munkások, a második pedig a farmerek jövedelmét reprezentálja, figyelembe véve, hogy a mezőgazdaságban a nominális béreket tekintettük egységnek.

Az alábbi két egyenlet a monopolisztikus verseny melletti általános egyensúlyból vezethető le. Az első az egyensúlyi árindexet határozza meg az r régióban:

$$G_r = \left[\sum_{s=1}^R \frac{\lambda_s}{(w_s T_{r,s})^{\sigma-1}} \right]^{\frac{1}{1-\sigma}} . \quad (3-13.)$$

A második pedig a nominális bérek alakulását mutatja szintén a monopolisztikus egyensúlyi feltételek mellett az r régióban:

$$w_r = \left[\sum_{s=1}^R Y_s \left(\frac{G_s}{T_{r,s}} \right)^{\sigma-1} \right]^{\frac{1}{\sigma}} . \quad (3-14.)$$

A régiók közötti egyensúly meghatározása $4R$ darab egyenlet (3-10., 3-12., 3-13. és 3-14.) megoldását jelenti, ahol R a régiók darabszáma. Az ismeretlenek száma is pontosan $4R$, vagyis minden egyes régióban 4 darab változó egyensúlyi értékét kell megkeresni, amelyek rendre az alábbiak Y_r (nominális jövedelem), G_r (ipari árindex), w_r (nominális bérek az iparban) és ω_r (ipari reálbérek). A felírt egyenletek a szóban forgó változók közötti kapcsolatokat reprezentálják, nemcsak az adott régióra vonatkoztatva, hanem a régiók közötti összefüggéseket is megjelenítve.

3.2. A modell lehetséges megoldásai

3.2.1. A centrum-periféria modell az egyenletrendszer speciális esete $R=2$ -re

Általános esetben a $4R$ darab egyenlet megoldása meglehetősen nehéz matematikai feladat a nem lineáris összefüggések miatt. A fenti általános modell speciális esete a centrum-periféria modell, amelynél $R=2$. Az egyszerűség kedvéért tételezzük fel a mezőgazdasági termelés egyenletes megoszlását a két régió között:

$$\phi_1 = \phi_2 = \frac{1}{2} . \quad (3-15.)$$

A szállítási költség viszonylatok (amelyek száma R darab régió esetén $R(R-1)/2=R$ volt) leredukálódnak 1 darab $T=T_{1,2}$ paraméterre, amelyet a további egyszerűsítés végett index nélkül, T -vel jelölünk. Az ipari termelés két régió közötti megoszlására a λ_1 és λ_2 helyett bevezetjük a $\lambda=\lambda_1$ és az $1-\lambda=\lambda_2$ jelöléseket. A nyolc darab egyenlet ennek megfelelően az alábbi alakúra egyszerűsödik:

A reálbérek esetében:

$$\omega_1 = \frac{w_1}{G_1^\mu} , \quad (3-16.)$$

és

$$\omega_2 = \frac{w_2}{G_2^\mu} . \quad (3-17.)$$

A jövedelem egyenleteknél (3-12.) egyenletbe behelyettesítjük a (3-15.) egyenletet, és figyelembe vesszük a λ -ra bevezetett jelölést:

$$Y_1 = \mu\lambda w_1 + \frac{1-\mu}{2} , \quad (3-18.)$$

és

$$Y_2 = \mu(1-\lambda)w_2 + \frac{1-\mu}{2} . \quad (3-19.)$$

Az árindexek a (3-13.) egyenletből oly módon származtathatók, hogy bármely régió önmagára vetítve értelemszerűen nincs szállítási költsége, vagyis a „jéghegy-elv” alapján definiált paraméter értékére: $T_{1,1}=T_{2,2}=1$.

$$G_1 = \left[\frac{\lambda}{w_1^{\sigma-1}} + \frac{1-\lambda}{(w_2 T)^{\sigma-1}} \right]^{\frac{1}{1-\sigma}} , \quad (3-20.)$$

és

$$G_2 = \left[\frac{\lambda}{(w_1 T)^{\sigma-1}} + \frac{1-\lambda}{w_2^{\sigma-1}} \right]^{\frac{1}{1-\sigma}} . \quad (3-21.)$$

Végül hasonlóképpen alkalmazva a (3-14.) egyenletben a T -re és a λ -ra bevezetett jelölésmódot, a nominálbérek alakulása:

$$w_1 = \left[Y_1 G_1^{\sigma-1} + Y_2 \left(\frac{G_2}{T} \right)^{\sigma-1} \right]^{\frac{1}{\sigma}} , \quad (3-22.)$$

$$w_2 = \left[Y_1 \left(\frac{G_1}{T} \right)^{\sigma-1} + Y_2 G_2^{\sigma-1} \right]^{\frac{1}{\sigma}} . \quad (3-23.)$$

Ez a nyolc darab egyenletből álló egyenletrendszer (3-16. – 3-23.) egyenletek még mindig eléggé kényelmetlen a megoldás szempontjából a nem lineáris összefüggések miatt. A megoldás diszkusszióját ezért egy ehhez képest is egyszerűbb, speciálisabb esetre végezzük el.

3.2.2. A magrégióban koncentrálódó ipari termelés

Tételezzük fel indirekt módon, hogy a centrum-periféria viszony már korábban kialakult, ennek extrém esete, ha $\lambda=1$, tehát ha az 1-es régió veszi fel a centrum szerepet, mert ide koncentrálódik az ipari termelés teljes egészében. A kérdés, hogy milyen feltételek mellett marad fenn, illetve kezd szétbomlani ez a struktúra. Ennek eldöntéséhez a reálbérek viszonyát vizsgáljuk, vagyis abból indulunk ki, hogy ha $\omega_1 > \omega_2$, tehát ha a centrumban magasabbak a reálbérek, akkor fennmarad az agglomeráció, az ipari munkások nem mennek el a régióból, az ipari termelés koncentrációja fenntartható. Az $\omega_1 = \omega_2$ esetben indifferens a lakóhely ill. a cégek telephelye. A $\omega_1 < \omega_2$ helyzetben pedig megindul a kiköltözés a fejletlenebb régióba, az ipari munkások egy csoportja elindul az 1-es régióból a 2-esbe a magasabb reálbér reményében. Ez utóbbi esetben a centrum-periféria szerinti földrajzi eloszlás nem lesz egyensúly.

Vegyük kezdeti értéknek $w_1=1$ feltételezést, vagyis, hogy a központi régióban az ipari és a mezőgazdasági nominális keresetek között nincs különbség. Célunk azt belátni, hogy ez a feltételezés egyensúlyi állapotot jelent. Behelyettesítve a (3-20., 3-21.) egyenletekbe a $\lambda=1$ és a $w_1=1$ értékeket, kapjuk, hogy:

$$G_1 = 1 , \quad (3-24.)$$

és

$$G_2 = (T^{1-\sigma})^{\frac{1}{1-\sigma}} = T . \quad (3-25.)$$

Amely egyszerű összefüggés jól szemlélteti azt a helyzetet, hogy ebben az esetben a 2-es régióban az ipari árindex azért magasabb, mert ott nem folyik ipari termelés, ezért az ipari árukat teljes egészében az 1-es régióból importálja, következésképpen ezek árában a szállítási költségeknek is meg kell térülniük. A jövedelem egyenletek is hasonlóképpen lényegesen leegyszerűsödnek a $\lambda=1$ és a $w_1=1$ értékadást követően:

$$Y_1 = \mu + \frac{1-\mu}{2} = \frac{1+\mu}{2} , \quad (3-26.)$$

és

$$Y_2 = \frac{1-\mu}{2} . \quad (3-27.)$$

A (3-24. – 3-27.) egyenletekből a G_1 , G_2 , Y_1 és Y_2 -re kapott eredményeket visszaírva a (3-22.) egyenletbe meg kell győződni arról, hogy valóban $w_1=1$ értéket kapunk-e a nominálbérekre, tehát ez a feltételezett kezdeti érték vajon egyensúlyi állapothoz vezetett-e. Ennek ellenőrzését láthatjuk az alábbiakban:

$$w_1 = \left[\frac{1+\mu}{2} + \frac{1-\mu}{2} \left(\frac{T}{T} \right)^{\sigma-1} \right]^{\frac{1}{\sigma}} = \left[\frac{1+\mu+1-\mu}{2} \right]^{\frac{1}{\sigma}} = 1^{1/\sigma} = 1 . \quad (3-28.)$$

Abból, hogy a centrumrégióban a nominálbér $w_1=1$ és az árszínvonal $G_1=1$ is egységnyi, következik, hogy a reálbér is az 1 értéket veszi fel: $\omega_1=1$. Ehhez viszonyítva azt kell figyelni, hogy a 2-es régióban a reálkeresetek mikor haladják meg az 1 értéket, $\omega_2>1$, mert ez vezethet az ipari termelés koncentrációjának megszűnéséhez:

$$\omega_2 = \frac{w_2}{G_2^\mu} = \frac{\left[\frac{1+\mu}{2} \cdot \left(\frac{1}{T} \right)^{\sigma-1} + \frac{1-\mu}{2} \cdot T^{\sigma-1} \right]^{\frac{1}{\sigma}}}{T^\mu} \geq 1 . \quad (3-29.)$$

A kapott függvény vizsgálatához először nézzük meg a nulla szállítási költséghez közeli értékeket, vagyis a $T=1$ környezetét. Ha T értéke pontosan 1, akkor az ω_2 is 1 lesz, vagyis a 2-es régióban a reálbérek megegyeznek az 1-es régióbeliekkel. Ilyenkor a gazdasági szereplők közömbösek a térbeli elhelyezkedéssel szemben. Ha a reálbérek változását a szállítási költség függvényében nézzük, akkor a $T=1$ ponttól jobbra a parciális differenciálhányados egy meghatározott környezetben minden esetben negatív, vagyis a reálbérek a periférián alacsony szállítási költségek mellett kezdetben csökkennek. A (3-29.) egyenlet könnyebb deriválása érdekében végezzük el a T^μ -nel való osztást:

$$\omega_2 = \left(\frac{1+\mu}{2} T^{1-\sigma-\mu\sigma} + \frac{1-\mu}{2} T^{\sigma-1-\mu\sigma} \right)^{\frac{1}{\sigma}} . \quad (3-30.)$$

Majd alkalmazva az összetett függvény differenciálási szabályát, a parciális differenciálhányadosra kapjuk:

$$\frac{\partial \omega_2}{\partial T} = \frac{1}{\sigma} \left(\frac{1+\mu}{2} T^{1-\sigma-\mu\sigma} + \frac{1-\mu}{2} T^{\sigma-1-\mu\sigma} \right)^{\frac{1-\sigma}{\sigma}} \cdot \left[\frac{1+\mu}{2} (1-\sigma-\mu\sigma) T^{-\sigma-\mu\sigma} + \frac{1-\mu}{2} (\sigma-1-\mu\sigma) T^{\sigma-2-\mu\sigma} \right] . \quad (3-31.)$$

A szorzat első zárójeles tényezője mindenképpen pozitív, így a differenciálhányados csak akkor lehet negatív, ha a második (szögletes) zárójeles kifejezés lesz a negatív. Feladatunk azt belátni, hogy ha T fölülről tart az 1-hez, akkor ez minden esetben kisebb lesz, mint nulla. Ha $T=1$ értéket behelyettesítjük (ezt megtehetjük, mert a $T=1$ pontban a jobbról vett differenciálhányados értelmezett, valamint a derivált függvény folytonos), akkor a szögletes zárójelben a tagok mellől a T akárhányadik kitevője, mint szorzótényező eltűnik. Annyit kell tehát igazolni, hogy:

$$\frac{1+\mu}{2}(1-\sigma-\mu\sigma)+\frac{1-\mu}{2}(\sigma-1-\mu\sigma)<0. \quad (3-32.)$$

Elvégezve a beszorzásokat és az összevonásokat, kapjuk:

$$\mu-2\mu\sigma=\mu(1-2\sigma)<0. \quad (3-33.)$$

Mivel definíció szerint $0<\mu<1$ és $\sigma>1$, ezért a fenti kifejezés minden esetben határozottan negatív, vagyis a parciális differenciálhányados a folytonosság miatt nem csak a $T=1$ pontban, hanem annak egy nem infinitezimális környezetében is negatív.

Ha a 2-es régióban nulla szállítási költség mellett, vagyis $T=1$ esetén a reálbérek megegyeztek az 1-es régió reálbéreivel, majd a negatív differenciálhányados következtében csökkenésnek indulnak, akkor ez a $T=1$ ponttól jobbra kedvezőtlen reálbéreket jelent a centrumból való kiköltözés számára. Következésképpen kellően alacsony szállítási költség minden körülmények között az agglomeráció kialakulásának kedvez.

3.2.3. A monopolista cég profit maximuma

Első ránézésre úgy tűnhet, hogy a modell explicit módon nem tartalmazza a vállalatok profitmaximalizálási törekvéseit, ellenben mivel a monopolisztikus egyensúlyi állapot jelenti az egyenletrendszer kiindulási alapját, ezért a cégekre vonatkozó áttelepülési feltétel impliciten mégis beépült a rendszerbe. A periférikus régióban csak akkor képes egy vállalat magasabb béreket fizetni, ha ott eleve jobbak a jövedelmezőségi kilátások. A kedvezőbb kereseti lehetőségek miatt oda áramló munkaerő felborítja a munkaerő-piaci egyensúlyt, lefelé nyomja a béreket, amely tovább javítja a cégek nyereségét. A kumulatív módon beinduló folyamat egy új egyensúlyi állapothoz vezet, amikor már a 2-es régióban is oly módon felfut az ipari termelés, hogy újabb ipari vállalatokat már nem vonz ez a régió. Előbb-utóbb megáll a munkaerő áramlása is, mert újabb munkahelyek hiányában a növekvő kínálat lefelé nyomja a béreket, tehát beáll az új egyensúly egy magasabb ipari termelési szinten.

A vállalatok profitfüggvényéből kiindulva, az egyensúlyi állapot mellett levezethető a σ paraméter harmadik tulajdonsága, vagyis hogy a helyettesítési rugalmasság és a kereslet ár rugalmassága mellett jól jellemzi a növekvő skáláhozadékokat is. Pontosabban szólva ez utóbbinak inverz indikátora, ugyanis magasabb növekvő skáláhozadékhöz alacsonyabb σ érték, míg kevésbé növekvő, azaz már majdnem állandó skáláhozadékhöz magasabb σ érték tartozik. A vállalati profitok alakulása a fix és a változó költségek alapján:

$$\pi_r = p_r q_r - w_r (F + c q_r). \quad (3-34.)$$

ahol:

π_r : a profit,

p_r : az ár,

w_r : a nominális bér,

F és c : a fix és változó költségek,

q_r : a keresleti függvénnyel segítségével felírható mennyiség.

Visszatérve a monopolista vállalat profitmaximumához, ez az alábbi egyensúlyi ár mellett következik be:

$$p_r = \frac{cw_r\sigma}{\sigma-1} . \quad (3-35.)$$

Visszahelyettesítve a (3-35.) egyenletben kapott eredményt a (3-34.) egyenletbe, a profitra kapjuk:

$$\pi_r = \frac{q_r cw_r \sigma}{\sigma-1} - q_r cw_r - Fw_r = w_r \left(\frac{q_r c}{\sigma-1} - F \right) . \quad (3-36.)$$

Mivel az egyensúlyi kibocsátás (q^* -gal jelöljük) feltétele a zérus profit minden működő cégre, ezért:

$$q^* = \frac{F(\sigma-1)}{c} . \quad (3-37.)$$

amelyből:

$$\sigma = \frac{F + cq^*}{F} . \quad (3-38.)$$

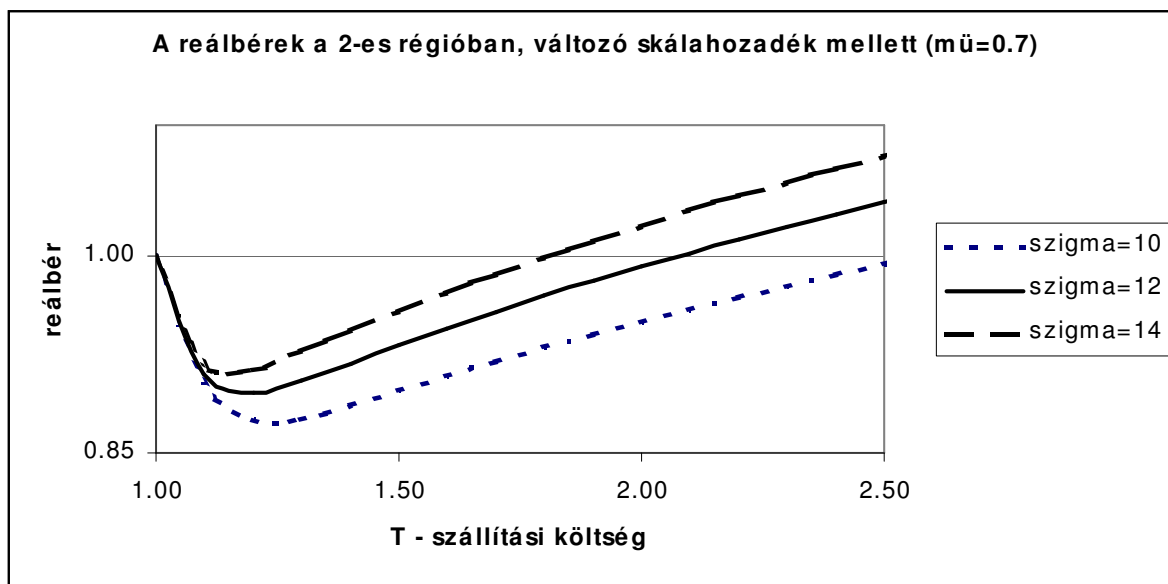
vagyis σ nem más, mint az összköltség és a fix költség hányadosa. A σ 1-hez közeli alacsony értéke azt reprezentálja, hogy a fix költségek magasak, tehát a termelés növelésével az átlagköltség jelentősen csökkenne, amely azt jelenti, hogy a növekvő skáláhozadék tartományában vagyunk. Ha a σ értéke nagy, akkor a változó költségek képviselik a nagyobb súlyt az összköltségen belül, és az átlagköltség a határköltséghez közelít, a skáláhozadék pedig majdnem állandó. Ezzel beláttuk, hogy a σ alkalmas mutató lesz a növekvő skáláhozadék inverz indikátora céljára.

A fentiekben ismertetett Krugman féle centrum-periféria modellből hiányzik a technikai haladásból adódó regionális különbségek magyarázata, mindössze az általános értelemben vett gazdasági aktivitás szerinti differenciálódást írja le.

3.2.4. A szállítási költségtől függő reálbér grafikus elemzése

Számítógép segítségével felrajzoltam a $\omega_2 = \omega_2(T)$ függvény grafikonját rögzített μ és σ paraméterek mellett, majd megvizsgáltam, hogy miként változik a görbe alakja az egyes paraméterek értékeinek megváltoztatásával, valamint, hogy ebből milyen közgazdasági

tartalmú következtetések vonhatók le. Először rögzítsük a μ paramétert ($\mu=0,7$), és növeljük a σ értékét ($\sigma=10, 12, 14$).



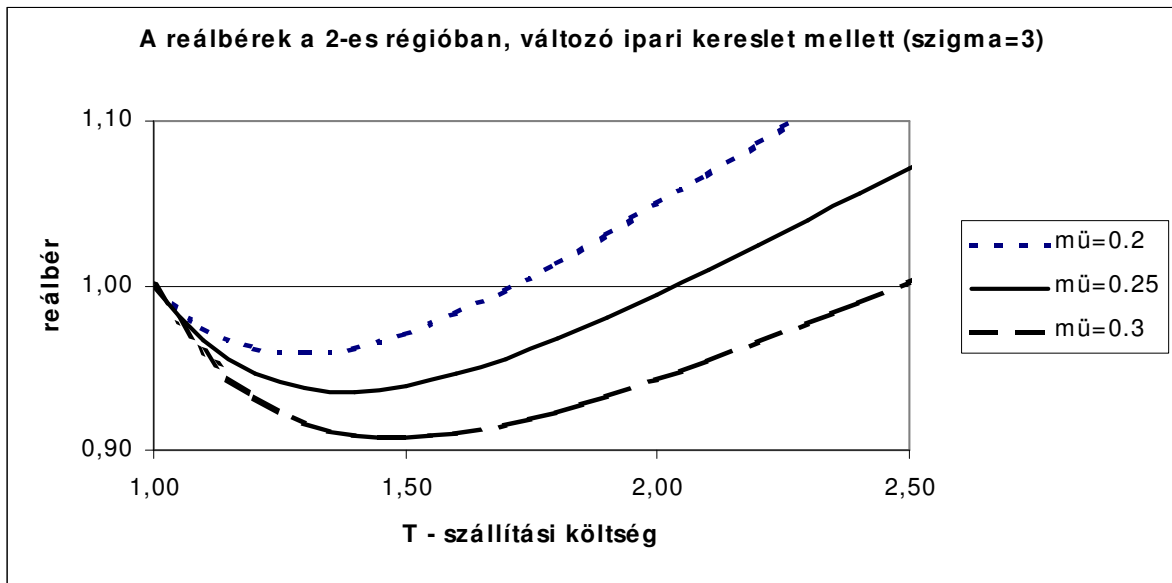
3-1. ábra: A növekvő skálahozadék hatása a térbeli koncentrációra
(A Krugman modell alapján saját szerkesztés)

Mindhárom görbe alakjáról elmondható, hogy $T=1$ esetén az $\omega_2=1$ értékről indul, majd egy kezdeti csökkenést követően emelkedni kezd¹¹. Amíg az $\omega_2=1$ egyenes alatt halad, addig az alacsony szállítási költség a térbeli koncentráció fennmaradásának (illetve kialakulásának) irányában hat, majd amikor átlépi az $\omega_2=1$ határt, onnantól kezdve a magas szállítási költség a korábban a centrum régióban letelepedett cégeket (a jobb profítlehetőségek következtében) és a munkavállalókat (a periférikus régióban elérhető magasabb reálbérek miatt) a kiköltözésre készíti. Megfigyelhető, hogy különböző keresleti rugalmasságok esetén a görbe a $\omega_2=1$ egyenest előbb vagy később lépi át. Kisebb σ érték esetén, vagyis a növekvő skálahozadék tartományában a grafikonon később metszi a szóban forgó vízszintes egyenest, szélesebb az agglomerációs tartomány, nagyobb szállítási költség szükséges ahhoz, hogy a centrum-periféria szerkezet felbomlásnak induljon. A növekvő σ érték a görbét jobbról összenyomja, vagyis az állandóhoz közeli skálahozadék esetén szűkebb a koncentráció eredményező intervallum, kisebb szállítási költség is elegendő ahhoz, hogy a periférikus régió vonzó legyen a cégek és a munkavállalók számára.

A második grafikon esetében a σ értékét rögzítjük, és az ipari termelésnek a globális gazdaságban betöltött szerepét jellemző arányszámot, a μ -t mozgatjuk. Ezzel

¹¹ Mindkét ábra felrajzolása során úgy választottam meg a paraméterek értékeit, hogy a „nincs-fekete-lyuk” feltétel fennálljon. Bővebben: The „No-Black-Hole” Condition (Fujita, Krugman, Venables 1999, 4.6. fejezet, 58-59. oldal).

megfigyelhetjük, hogy miként módosul a gazdaság térbeli szerkezete az ipari kereslet változásával.



3-2. ábra: Az ipari kereslet növekedésének hatása az agglomeráció kialakulására (A Krugman modell alapján saját szerkesztés)

Az ábráról leolvasható, hogy a növekvő ipari kereslet egyre nagyobb kereskedelmi költségek mellett is az agglomerációs előnyök kihasználását ösztönzi, míg a döntően mezőgazdasági jellegű országokban a regionális különbségek nem lesznek számottevőek.

Napjainkban a fejlett gazdaságokban megfigyelhető, hogy a GDP-n belül növekszik azoknak a szektoroknak az aránya, amelyekre inkább a növekvő skálahozadék a jellemző, a piaci versenyről egyre jobban elmondható a monopolisztikus jelleg (a diverzifikált termékek piacain egyre több a márkanév alapján jól megkülönböztethető monopólium), amely folyamatok szintén a régiók polarizációjának irányába mutatnak.

Létezik olyan magas ipari kereslet és növekvő skálahozadék, például $\sigma=1,1$ $\mu=0,9$, hogy az ω_2 sohasem növekszik 1 fölé, a T növekedésével nullához konvergál. Ezt úgy értelmezhetjük, hogy ha a növekvő skálahozadék az ipari termékek iránti magas kereslettel párosul, akkor az agglomerációk kialakulásának folyamata szempontjából közömbös a szállítási költség, mindenképpen a koncentráció megerősödésére, a regionális különbségek fokozódására számíthatunk.

3.3. A centrum-periféria modell dinamizálása

A centrum-periféria modell első változatai a regionális szinten létrejövő általános egyensúly állapotát írják le, nem foglalkoznak azzal a kérdéssel, hogy ez az egyensúly miként jön létre,

nem jellemzik annak a folyamatnak az időbeli alakulását, amely a termékek, a cégek és a munkaerő régiók közötti áramlásában nyilvánul meg.

Ha az adott régióba történő munkaerő-áramlás a szóban forgó régióra jellemző reálbér és az átlagos reálbér különbségével arányosnak tételezhető fel, akkor felírható az alábbi R darab idő szerinti differenciálegyenlet:

$$\frac{d\lambda_r(t)}{dt} = \gamma \cdot \left[\omega_r(t) - \sum_{s=1}^R \lambda_s(t) \cdot \omega_s(\lambda_1, \dots, \lambda_R, t) \right] \cdot \lambda_r(t) . \quad (3-39.)$$

ahol γ egy alkalmas konstans. Mivel minden egyes ω meglehetősen bonyolult módon függ a λ_r -ek mindegyikétől, ezért a fenti differenciálegyenlet-rendszer zárt alakban történő megoldására nincs sok esély. A problémára a szimulációs módszert hívhatjuk segítségül. A szimuláció nem jelent egy újabb modell típust, hanem egy speciális megoldási eljárást értünk alatta, amelyben először megkonstruáljuk a vizsgálni kívánt objektum matematikai modelljét, majd számítógépes programok segítségével kísérleteket, valójában egy kísérletsorozatot hajtunk végre. Így vizsgálhatjuk a rendszer állapotainak változását az idő múlásának figyelembe vételével.

A természettudományok területén sem idegen ez a technika. Például a fizikában ismeretes az úgynevezett két test probléma, amelyben a gravitációs erő hatására létrejövő mozgások még explicit módon megadhatók a differenciálegyenlet megoldásával. Ebből határozhatók meg a közismert kúpszelet (kör, ellipszis, egyenes, parabola, hiperbola) alakú pályák.

$$\frac{d^2 \mathbf{r}_i(t)}{dt^2} = \sum_{j \neq i} \gamma \frac{m_j}{r_{i,j}^3(t)} [\mathbf{r}_j(t) - \mathbf{r}_i(t)] . \quad (3-40.)$$

A három vagy több test probléma már általános esetben nem oldható meg (kivéve néhány speciális peremfeltétel meglétekor, pl. Lagrange pontok), ezért a rendszer viselkedésének minél pontosabb tanulmányozása numerikus eljárások keretében, a számítógépes szimuláció használatával lehetséges. Talán kissé meglepőnek tűnhet ehelyütt a fenti égi-mechanikai hasonlat, ugyanakkor jól szemlélteti a térbeli számszerűsített általános egyensúlyi modellek matematikai kezelhetőségének legfőbb problémáját. A fizikához hasonló szimulációs technikát alkalmazhatjuk egy bonyolultabb SCGE modell egyenleteinek megoldása során is.

A termelési tényezők mennyisége adott régióban az időben szintén változhat, egyrészt külső tényezők hatására a többi régióból odaáramló tőke és munkaerő formájában, másrészt a belső növekedés eredményeképpen.

3.4. Összegzés

Ebben a fejezetben röviden ismertettem, hogy milyen összefüggésekben értelmezhetők az „új gazdaságföldrajz” alapmodelljei az SCGE modellek előzményeiként, illetve elméleti

alapjaiként. Kiemelt figyelmet szenteltem a centrum-periféria modell azon építőelemeinek, amelyek a későbbi fejezetekben az SCGE modellünkben is meg fognak jelenni, mint például a centrifugális-centripetális erők, általános egyensúlyi megközelítés. Bemutattam egy konkrét ÚGF modellt, majd annak egy speciális esetére történő analitikus megoldását, amellyel azt kíséreltem meg érzékeltetni, hogy a legegyszerűbb eseteket leszámítva általában nem tudjuk a klasszikus matematikai eszközökkel megkeresni a rendszer megoldását, vagyis szükség lesz a számítógépes szimuláció módszerének alkalmazására. Ez annak ellenére igaz az SCGE modellek esetében, hogy az ÚGF modelljei esetében történtek erőfeszítések annak érdekében, hogy megalkotásra kerüljön egy analitikusan is megoldható modellezési keret, a térbeli számszerűsített általános egyensúlyi modellek esetében ez meglehetősen reménytelen vállalkozásnak tűnik.

A centrum-periféria modell révén megalapozott új gazdaságföldrajz későbbi kutatásai a következő főbb irányokban fejlődtek tovább:

- több régióra való kiterjesztés (Krugman 1993),
- a mezőgazdasági szállítási költségek bevonása (Fujita–Krugman–Venables 1999),
- közbeeső inputokkal való C-P magyarázat (Krugman–Venables 1995),
- „analitikusan megoldható C-P modell” kidolgozása (Forslid–Ottaviano 2003), amely lehetővé tette az új gazdaságföldrajzot és az endogén növekedéseméleteket integráló térbeli növekedési modellek megjelenését.

Az új gazdaságföldrajz sokirányú fejlődése során döntően mindvégig megőrizte azt az elemzési keretet, amit még Krugman állított fel 1991-ben (Dixit-Stiglitz-féle monopolisztikus verseny, jéghegy alapú szállítási költség, számítógépes szimulációk, bifurkációs diagram, két régiós felépítés). Ez a keret, habár igen előnyösen hatott az ÚGF fejlődésére mára már sokak szerint az elméleti kutatásokban való továbblépést hátráltató tényezővé is vált (Behrens–Robert-Nicoud 2011).

Ács és Varga 2000-es tanulmányukban azt sugallják, hogy három irányzat, vagyis az „új gazdaságföldrajz”, az endogén gazdasági növekedés elmélete és az aktorok szisztematikus együttműködését hangsúlyozó innováció-tan egy meghatározott kombinációja lehet az új regionális fejlődés új elméletének kidolgozásához (Ács–Varga 2000).

4. A térbeli számszerűsített általános egyensúlyi (SCGE) modellezés módszertana

Az előző fejezetekben áttekintettem a számszerűsített általános egyensúlyi (CGE) és az „új gazdaságföldrajz” alapmodelljeit. A következőkben arról lesz szó, hogy miképpen lehet kibővíteni egy CGE modellt a regionális modellek irányába, amely nem csak egyszerű térbeli kiterjesztést jelent, hanem azt is, hogy a gazdasági teret reprezentáló változók és feltételek endogenizálva kerülnek bele a rendszerbe. Nem arról van szó tehát, hogy könnyedén odabiggyeszthetnénk az „S” karaktert a „CGE” rövidítés elé azáltal, hogy például átneveznénk a szektorokat régiókra a társadalmi elszámolások mátrixán belül, hanem sokkal inkább arról, hogy a térszerkezet számos belső összefüggésen keresztül hat a gazdasági tevékenységre és vica versa, olyan hatások figyelembe vételére van szükség, mint például a szállítási költségek, az interregionális kereskedelem vagy az agglomerációs externáliák.

Az SCGE modellek konkrétan lehatárolt területegységeket tartalmaznak, így ebben az értelemben a modell elnevezésének magyar nyelvű fordítása kissé következetlennek tűnhet. „A tér, a térbeli kifejezéseket a térfogalom lényegéből kiindulva helyesebb bizonyos elemek egyenlőtlensége és rendezettsége általános értelmében használni, míg a területi kifejezést a lehatárolt területegységekre, térrészekre vonatkozó megállapításokhoz kötni.” (Nemes Nagy 2009, 51. oldal) A térbeli számszerűsített általános egyensúlyi modellek azonban nemcsak önmagukban vizsgálják külön-külön a területegységeket, hanem azok térbeli összefüggésében is, figyelembe véve sokszor több szempontú (szállítási költségek, interregionális kereskedelem, technológiai kapcsolatok stb.), bonyolult térstruktúrákat, amelyek alapján indokolt lehet a modell elnevezésében a „térbeli” jelző.

Az absztrakciók lépésről-lépésre történő fokozatos feloldása a modell bonyolultsági fokának növekedéséhez vezet, ezért pusztán „papírral és ceruzával” megoldható formalizált egyenletek segítségével az SCGE modelleket általában nem lehet megalkotni. Többnyire elengedhetetlenül szükséges a számítógépes szimuláció alkalmazása, amelyben dinamikus és akár sztochasztikus kísérlet sorozatot hajthatunk végre a rendszer numerikus modelljén. A szimulációs futtatások kiértékelése az egyszerű megjelenítési technikáktól a bonyolultabb statisztikai eljárásokig többféle módszerrel történhet a megfelelő következtetések levonása érdekében.

A regionális gazdasági elemzések során a számszerűsített általános egyensúlyi (CGE) modelleket több területen is felhasználták. Az alkalmazások a régiók közötti szállításban beálló változások modellezésétől a környezetvédelmi hatástanulmányokig terjednek (Donaghy 2009). Az új gazdaságföldrajz alapjain felépülő térbeli számszerűsített általános egyensúlyi (SCGE) modellek a növekvő hozadék, a szállítási költségek és a termelési tényezők térbeli mobilitásának interakciói révén, kumulatív módon létrejövő térszerkezet jelentőségét helyezik a modellstruktúrák középpontjába. A CGE-Europe modell (Bröcker

1998), Venables és Gasiorek modellje (Venables–Gasiorek 1999), amely az Európai Unió strukturális alapjainak hatását vizsgálja, valamint a RAEM (Oosterhaven és szerzőtársai 2001, Thissen 2003) tartoznak az irodalomban leggyakrabban hivatkozott modellek közé.

Az alábbiakban kiindulópontként egy konkrét (bár kitalált) számokkal megvalósított Walras-Cassel modellel kezdem, majd a módosításokkal és bővítésekkel fokozatosan lépésről lépésre jutok el az SCGE modellnek addig a változatáig, amelyet a valóságban megfigyelt adatokra fogok illeszteni. E kalandos szellemi túra során áttekintem a számszerűsített általános egyensúlyi modellezés (CGE) és az „új gazdaságföldrajz” összekapcsolásához szükséges lényegesebb fogalmakat és a megteendő lépések vázlatát.

4.1. A Walras-Cassel modell, egy számszerűsített példa

Az alábbi, 4.1.1. fejezetben ismertetésre kerülő modell lényegében megfelel Walras első, legegyszerűbb modelljének (Walras 1874), azzal a minimális eltéréssel, hogy további egyszerűsítésként a termelési tényezők konstans kínálatával fogunk számolni. Ezzel szemben Walras a tényezők kínálatát az árvektortól is függővé tette (Zalai 2000, 15. oldal), ami azt eredményezi, hogy például a munka, illetve a tőke kínálata valamilyen rugalmas alkalmazkodás mellett bővül abban az esetben, ha a munkabérek, illetve a kamatláb növekszik az árvektor többi eleméhez képest. Ez megfelel a valóságban megfigyelhető folyamatoknak, ugyanakkor a lényegében azonnali és tökéletes alkalmazkodás ugyanúgy erős elvonatkoztatás, mintha a tényezők kínálatát rövid távon állandónak tekintenénk. Ebben a statikus modellünkben ez utóbbi feltételezéssel fogunk élni, és majd a rendszer dinamizálása során a hosszú távú egyensúly szimulációja alkalmával fogjuk feloldani ezt az absztrakciót azáltal, hogy lehetővé fogjuk tenni a tényezők kínálatának változását, valamint a régiók közötti áramlását.

Walrastól függetlenül (jóval később) Cassel is megalkotta (Cassel 1918, 1924) a kiindulási pontnak tekinthető alapmodellt, amelyben az általunk is használt, fent leírt egyszerűsítést alkalmazta. A két, elmélettörténeti szempontból fontos modell a matematikai forma tekintetében nagyon közel esik egymáshoz, ezért az irodalomban időnként felbukkan a Walras-Cassel modell elnevezés (Zalai 2000, 21. oldal). Ezzel az elnevezéssel fogunk élni mi is a továbbiakban az alább ismertetésre kerülő alapmodellünk vonatkozásában, elkerülendő azt a félreértést, mintha ez a verzió tökéletesen megfelelné Walras első modelljének. Ezen túlmenően a javak keresletének számszerűsíthetősége céljából egyedileg specifikált hasznossági függvényt fogunk alkalmazni. Az ebből levezethető konkrét keresleti függvény nélkül a modell számpéldával való illusztrálása nem lenne lehetséges, és megmaradnánk csupán a felírt egyenletek szintjén, ami a szemléltethetőség szempontjából jelentős hátrány lenne.

4.1.1. A Walras-Cassel modell alapváltozata

Az alábbiakban nem csak az egyenletek kerülnek felírásra a címben említett alapmodellhez, hanem egy (saját készítésű) számpélda segítségével illusztrálom is az összefüggéseket. Képzeljünk el egy gazdaságot, amely három szektorból áll ($m=1..M$; $M=3$): mezőgazdaság, ipar és szolgáltatások. Az egyes szektorok által előállított termékeket tekintsük homogénnek, a szektoron belül a piaci helyzet a tökéletes verseny szituációjának feleljen meg. Minden egyes szektort egy-egy reprezentatív vállalattal modellezünk, amelyek két termelési tényezőt ($k=1..K$; $K=2$), munkát és tőkét használnak fel a kibocsátásuk előállításához. Adottak és rögzítettek a tényező ráfordítási együtthatók, vagyis, hogy egységnyi kibocsátáshoz mennyi munkára, illetve tőkére van szükség az adott szektorban. Legyen ez az egységnyi mezőgazdasági termék esetében 0,89 egység munka és 1,00 egység tőke. Ennek megfelelően 2 egység mezőgazdasági output előállításához 1,78 egységnyi munka és 2,00 egységnyi tőke szükséges, 3 egységnyi agrártermékhez 2,67 munka és 3,00 tőke, és így tovább. Hasonlóképpen egységnyi ipari termékhez 0,41 egység munkát és 0,55 tőkét kell felhasználni, egységnyi szolgáltatáshoz 0,76 munkát és 0,53 tőkét.

Ha a fent felsorolt együtthatókat olyan táblázatos formába rendezzük, amelynek soraiban a termelési tényezők, oszlopaiban pedig a szektorok szerepelnek, akkor megkapjuk a fajlagos tényező-ráfordítási együtthatók mátrixát, amelyet a továbbiakban **D**-vel fogunk jelölni.

D	m.gazd.	ipar	szolg.
munka	0,89	0,41	0,76
tőke	1,00	0,55	0,53

4-1. táblázat: A fajlagos tényező-ráfordítási együtthatók mátrixa

A mátrix elemei a $d_{k,m}$ jelölést kapják, amelynek értelmezése, hogy egységnyi kibocsátáshoz a m -edik szektorban a k -edik termelési tényezőtől $d_{k,m}$ mennyiség felhasználására van szükség. A szektorok egymás termékeit nem használják fel a termelésük során, azaz köztes termék, vagy másképpen fogalmazva, termelő felhasználás ebben a példában nincs¹².

Jelöljük **Y**-nal a képzeletbeli gazdaságunk egészében megtermelt és végtermékként felhasznált javak vektorát, például $y_1=12,8$ jelentése, hogy összesen 12,8 egységnyi mezőgazdasági termék került előállításra, továbbá $y_2=131,7$ ipari termék és $y_3=186,3$ szolgáltatás.

¹² A későbbiekben, például a Johansen modell szemléltetésekor ezt a megszorítást feloldjuk, vagyis figyelembe fogjuk venni a szektorok közötti input-output elemzés segítségével a termelő felhasználást is.

Y	háztart.
m.gazd.	12,8
ipar	131,7
szolg.	186,3

4-2. táblázat: A szektoronkénti kibocsátás, természetes mértékegységben

Legyen adott a gazdaságunkban a termelési tényezők kínálata. Ha összeszorozzuk a ráfordítási együtthatók mátrixát az **Y** kibocsátás-vektorral, akkor megkapjuk a gazdaság egészére vonatkozó tényező felhasználást.

F^D	m.gazd.	ipar	szolg.	összesen
munka	11,4	54,0	141,6	207,0
tőke	12,9	72,4	98,7	184,0

4-3. táblázat: A tényezőkereslet szektoronként és összesen

Minden egyes lehetséges output kombinációhoz tartozik egy tényezőkereslet (**F^D**), amelyek közül nyilvánvalóan csak az valósulhat meg, amely megfelel a gazdaságban található, esetünkben rögzített tényezőkínálatnak (**F^S**), (ez a tényezőkínálat ebben a konkrét számszerűsített példánkban most 207,0 egység munka és 184,0 egységnyi tőke):

$$\mathbf{F}^D = \mathbf{D}\mathbf{Y} , \quad (4-1.)$$

$$F_k^D = d_{k,1}Y_1 + \dots + d_{k,M}Y_M = \sum_m d_{k,m}Y_m , \quad (4-2.)$$

ahol általános formájában **D** egy $K \times M$ méretű mátrix, **Y** egy $M \times 1$ méretű vektor, **F^D** és **F^S** pedig $K \times 1$ méretű vektorok, illetve a fenti táblázatok alapján ezek a méretek 2×3 , 3×1 és 2×1 . Egyensúly esetén a teljes tényezőkínálat felhasználásra kerül:

$$\mathbf{F}^D = \mathbf{F}^S . \quad (4-3.)$$

Hasonlóképpen a termelési tényezők piacának egyensúlyához, a termékpiacokon is igaz, hogy a megtermelt javak mennyisége megegyezik a fogyasztók által támasztott kereslettel. A háztartások adott rendelkezésre álló jövedelem és preferencia rendszer mellett, a hasznosságuk maximalizálására törekszenek.

β	háztart.
m.gazd.	0,061
ipar	0,315
szolg.	0,624

4-4. táblázat: A fogyasztói preferenciákat kifejező β paraméterek

Cobb-Douglas típusú hasznossági függvény esetén a béta paraméterek segítségével az alábbi módon fejezhetjük ki a szóban forgó preferenciákat, amelynek optimális megoldását adott költségvetési korlát mellett úgy kapjuk, ha a fogyasztói kiadásokat a béták arányában osztják meg a háztartások az egyes szektorok termékeinek vásárlására:¹³

$$U = X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} X_3^{\beta_3} = \prod_m X_m^{\beta_m} , \quad (4-4.)$$

$$X_m = \frac{\beta_m I_C}{p_m} , \quad (4-5.)$$

ahol U a fogyasztás során elért összes hasznosság, I_C a háztartások fogyasztásra szánt összjövedelme, X_m a keresett mennyiségek, p_m az egyes termékárak. A fenti keresleti függvényből nem következik az, hogy a háztartások minden esetben ugyanolyan arányokban fogyasztanak a különböző szektorok termékeit, hiszen az árakat változtatva az olcsóbb termékből többet, a drágább termékből pedig kevesebbet fognak vásárolni. Nem a mennyiségeknek, hanem a fogyasztói kiadásoknak kell a bétákkal összhangban lenniük, hiszen a kiadások a mennyiségek és az árak szorzataként adódnak. Általános egyensúly esetén a vállalat által megtermelt mennyiségek és a háztartások által keresett mennyiségek megegyeznek, vagyis a termékpiacok is egyensúlyba kerülnek a kereslet és a kínálat szempontjából. Ebben a példában nincsenek megtakarítások, illetve a háztartásokat terhelő adók, következésképpen a fogyasztásra fordított jövedelem egyenlő lesz a háztartások teljes jövedelmével, amely utóbbit a tényezőjövedelmek összegeként számíthatunk ki:

$$\begin{aligned} I_C &= (r_{1,1}F_{1,1}^D + \dots + r_{1,M}F_{1,M}^D) + \dots + (r_{K,1}F_{K,1}^D + \dots + r_{K,M}F_{K,M}^D) = \\ &= \sum_k \sum_m r_{k,m} F_{k,m}^D , \end{aligned} \quad (4-6.)$$

ahol $r_{k,m}$ a k -adik tényező ára az m -edik szektorban. (Például $r_{1,2}$ az ipari munkabéretet, az $r_{2,2}$ pedig az iparban működtetett tőke hozamát jelöli.) Ha feltesszük, hogy az ágazatok között nincs különbség a tényezőárak vonatkozásában, akkor csak annyi darab különböző r_k értéket

¹³ Nem szükséges a modellen belül megoldani ezt a szélsőérték feladatot, hanem felhasználhatjuk a mikroökonómiából ismert eredményt, vagyis közvetlenül csak a keresleti függvényeket használjuk fel az egyensúlyi megoldás meghatározásához. Első közelítésben tehát a hasznossági függvényt el is hagyhatjuk a modell egyenletrendszeréből.

kell kezelniük, ahány termelési tényezőt szerepeltetünk a modellben, esetünkben kettőt, munkabért (r_1) és kamatot (r_2). Figyelembe vesszük továbbá, hogy a tényezőpiacok a kereslet és kínálat szempontjából egyensúlyban vannak, akkor a háztartások jövedelme egyszerűbben is kiszámítható az alábbi módon:

$$I_C = (r_1 F_1^S + \dots + r_K F_K^S) = \sum_k r_k F_k^S . \quad (4-7.)$$

A termékárakat kiszámíthatjuk a tényezőárakból, mivel ismertek a fajlagos tényező-ráfordítási koefficiensek:

$$\mathbf{p} = \mathbf{rD} , \quad (4-8.)$$

ahol \mathbf{r} $1 \times K$ méretű vektor, \mathbf{D} $K \times M$ méretű mátrix, \mathbf{p} $1 \times M$ méretű vektor, illetve a konkrét számszerűsített példánkban ezek a méretek 1×2 , 2×3 , és 1×3 . A fenti mátrix-vektor egyenletből egyenként kiírva a keresett p_m termékárakat:

$$p_m = r_1 d_{1,m} + \dots + r_K d_{K,m} = \sum_k r_k d_{k,m} . \quad (4-9.)$$

A fent ismertetett módon felírtuk a számszerűsített példánkra a Walras-Cassel modell egyenleteit. A Walras törvény miatt, ha a fenti modellben (a megfelelő egyensúlyi bér megkeresésével) sikerül elérnünk, hogy a munka túlkeresletére nullát kapjunk, akkor a tőke túlkereslete is automatikusan zérussá válik.¹⁴ Vagyis a megoldás keresése során nem kell

¹⁴ Az egyensúlykereső algoritmust a gyakorlatban többféle szoftver segítségével is megvalósíthatjuk, a következőkben az Excel technikák részletezései mindössze illusztrációként szolgálnak, amely lépések mentén el lehet készíteni a fenti modell működőképes változatát az alábbiak szerint:

Tekintsük kívülről adott adatoknak a \mathbf{D} mátrixot, valamint a β és az \mathbf{F}^S vektorokat. Gépeljük be a fenti táblázatokban található számszerűsített értékeket ennek megfelelően. (Az elrendezés gyakorlatilag mindegy, csak a 2×3 , 3×1 és 2×1 méreteket tartsuk be.) Készítsünk helyet a modell többi változójának, egy lehetséges elrendezés a 2.2.2.1. fejezetben található CGE-1 példa szerinti, de más áttekinthető változat is megfelel. Ezt követően képletezzük be az összefüggéseket az Excel függvényei segítségével. Le kell rögzítenünk egy ármércét, ez legyen a tőke ára, vagyis válasszuk ezt egységnyinek $r_2=1,00$ (bővebb indoklását lásd a 2.2 fejezetben). A munkabér egyensúlyi értékét még nem ismerjük, tetszőleges kezdeti értéket adhatnánk neki, az egyszerűség kedvéért állítsuk ennek is ugyanilyenre az induló értékét: $r_1=1,00$. Számítsuk ki külön cellában a munka keresletének és kínálatának különbségét, ezt a mennyiséget a munka túlkeresletének (EDF_1) fogjuk elnevezni. Ha jól képleteztünk, akkor a megadott paraméterek és kezdeti értékek mellett a munka túlkereslete most (kerekítve) a $EDF_1=0,6$ értéket mutatja. Ebből következik, hogy az $r_1=1,00$ nem lesz egyensúlyi munkabér. Nyilvánvalóan növelnünk kell a munkabért, ha a munka iránti kereslet csökkenését szeretnénk elérni (a munka kínálata most rögzített, azon nem tudunk pillanatnyilag változtatni). Írjunk be valamivel nagyobb értéket az r_1 -et tartalmazó cellába, és figyeljük meg hogyan változik az EDF_1 , vagyis a próbálgatásos módszerrel akár meg is tudnánk határozni az egyensúlyi munkabért, csak el kell jutnunk oda, hogy a munka túlkeresletére nullát kapjunk. Ha pontosabb végeredményt akarunk vagy nincs kedvünk a próbálgatáshoz, akkor használhatjuk például az Excel célérték-keresőjét. Ennek során három dolgot kell majd megadnunk, először, hogy mi a célcella (legyen ez a munka túlkereslete), majd, hogy a célérték legyen nulla (ezt az értéket szeretnénk látni a munka

foglalkozunk az r_2 egyensúlyi kamatláb meghatározásával (ezt egyébként is lerögzítettük ármérceként), valamint a tőke keresletének és kínálatának egyezőségével.

Általában a tankönyvek és a témához kapcsolódó publikációk jelentős része az egyenletrendszer matematikai jelölésekkel való megadásán nem lép túl, az olvasóra bízva annak megoldását és értelmezését. Ezt én nem csak didaktikai hibának tartom, hanem olyan veszélyt is látok benne, hogy a probléma kifejtésének elnagyolása miatt némely esetben a fogalmak tisztázatlanok, és az összefüggések (legalábbis egy részük) rejtve maradnak. Néha még az is nehezen kibogozható, hogy az egyes változók mögött milyen dimenziók, mértékegységek értendők.¹⁵ Ezen a hiányérzeten segít, ha megpróbáljuk számszerűsíteni a modellt akár fiktív számok, de még jobb, ha a valóságban megfigyelt adatok segítségével. Az általános egyensúlyi modellek döntő többsége esetében valószínű, a bonyolultabbaknál szinte biztos, hogy nem fogjuk tudni megoldani az egyenletrendszert „papír alapú” matematikai eszközök segítségével, hanem számítógépes megoldó algoritmusokat és/vagy szimulációs eljárásokat kell alkalmaznunk.

A fenti Walras-Cassel példához tartozó számítógépes modell segítségével kipróbálhatjuk az egyes számszerűsített feltételek megváltoztatásának hatását, másrészt a modell szerkezetének módosításával újabb modelleket készíthetünk, amelyek már kicsit másképp fognak közelíteni a valósághoz. Legegyszerűbb ötletnek talán az tűnhet, hogy változtassuk meg a munkakínálatot, azaz növeljük meg 207,0-ről első lépésként csak minimális mértékben 207,4-re majd második lépésben kissé jobban 209,0-re. Képzeltbeli gazdaságunk számára ez azt jelenti, hogy bevándorlók érkeztek, akik megjelentek a munkaerőpiacon. Mit várunk, mi fog történni? Azt bárki megjósolhatja, hogy a munkabérek csökkenni fognak, de vajon a hatások

túlkeresletének cellájában), végül pedig a módosuló cellának adjuk meg a munkabért. Ezzel a módszerrel gyorsan megkaphatjuk a helyes végeredményt, ami kerekítve $r_1=1,29$.

A fenti példa „célértékkeresős” változatának önálló elkészítése és megoldása az első fontos lépést jelentheti abban az irányban, hogy később bonyolultabb térbeli számszerűsített általános egyensúlyi modelleket is tudjunk majd építeni. A továbbiakban, ha már nem csak egyetlen ismeretlen változónk lesz, hanem több úgynevezett módosuló cellát kell kezelnünk egyidejűleg, például ha több régiót akarunk megoldani szimultán módon, akkor a célérték-kereső nyilvánvalóan nem használható, helyette az Excel szoftverbe eredetileg is beépített megoldás keresővel, a „Solver”-rel próbálkozhatunk. Kisebb modellek esetében szinte biztos, hogy sikerrel járunk. Ha kissé összetettebb a modell, akkor ez a „gyári” Solver nagy valószínűséggel nem lesz képes megtalálni a helyes megoldást. Ekkor a Newton érintő módszere alapján saját magunk készíthetünk megoldás kereső algoritmust az Excel Visual Basic programozási nyelven. A gyakorlatban is használatos, meglehetősen komplex modellek esetében viszont olyan, kifejezetten erre a célra fejlesztett szoftverek használatára lesz szükség, mint például a GAMS vagy a Matlab.

¹⁵ Találkoztam már olyan kézirattal is, ahol az input-output táblán, illetve a társadalmi elszámolások mátrixszán belül meglehetősen következtelenül keveredtek a mennyiségi és az értékbeli változók. A matematikai egyenletek absztrakt jelölésmódjának szintjén látszólag elegáns modelltől rögtön kiderült volna hogy rossz, ha a kitalálója megpróbálta volna számszerűsített példával szemléltetni.

hogyan gyűrűznek tovább, milyen változásokat generálnak az egyes szektorok kibocsátásában, hogyan módosulnak a termékárak, a fogyasztási szerkezet stb.

A Walras-Cassel modell a tényező ellátottság minimális megváltoztatására is meglehetősen érzékenyen reagál. Ez azért van így, mert a termelési koeficiensek rögzítettek. A valóságban a vállalatok a külső feltételek megváltozására a technológiájuk módosításával is reagálnak, vagyis megváltoztatják azt a tényezőkombinációt, amivel az egységnyi terméket előállítják. A reálmerevség feloldásával, valamint a termelő felhasználás figyelembe vételével a későbbiek során még foglalkozom. Ezek a későbbi modellek már egy kicsit jobban fogják közelíteni a valóságot, ugyanakkor a kételkedők számára még mindig ezernyi kritizálható feltételezést fognak tartalmazni, számos ötletre nyújtva lehetőséget, hogy min kellene még bennük változtatni. Az ilyen irányban gondolkodók számára azt javaslom, hogy próbálják csak meg beleépíteni a modellbe valamelyik javaslatukat, meglátják majd, hogy egy minimálisnak tűnő változtatás milyen előre nem látható problémákat, a modell bonyolultsági fokának milyen fokú növekedését fogja maga után vonni. Ha valaki emiatt a modellezés módszerének létjogosultságát alapjaiban kérdőjelezné meg, annak olyan mélyről jövő ellenérzésesei vannak a számítógépes szimulációkkal szemben, hogy az efféle szkepticizmussal nem tudok és nem is kívánok vitába szállni. Ha azonban elfogadjuk, hogy a modell minden esetben csak valamiféle leegyszerűsített karikatúrája a valóságnak, ugyanakkor képes a vizsgálat tárgya szempontjából lényeges rendszerelmeket hangsúlyozni, akkor ebből a szempontból célszerű megvizsgálni, hogy milyen bővítésekkel, illetve módosításokkal érhetjük el a modellezni kívánt gazdasági összefüggések jobb közelítését. Egy ilyen lehetséges lépés az ágazati input-output kapcsolatok modellbe építése.

4.1.2. A Walras-Cassel modell bővítése input-output kapcsolatokkal

Ebben a kibővített példában ugyanazokat a tényező-ráfordítási együtthatókat, munka és tőke kínálatot, valamint a háztartások preferenciáit kifejező β paramétereket fogjuk alkalmazni, mint az alapváltozatban. Mindezekon túlmenően bevezetjük a fajlagos termék-ráfordítási koeficienseket is, amelyekkel azt fogjuk kifejezni, hogy adott ágazat által előállított egységnyi jószág előállításához (az elsődleges termelési tényezőkön felül) inputként hány egységnyi termékre van szükség az összes többi ágazat (beleértve saját magát, vagyis a szóban forgó ágazatot is) által előállított javakból. Az összehasonlíthatóság végett ugyanazt az **A** mátrixot fogjuk alkalmazni, mint a 2.2.2.2. fejezet CGE-2 példájában. (A mátrix egyes elemei ugyanúgy az $a_{m,n}$ jelölést kapják, az értelmezésükhöz szükséges magyarázat a szóban forgó korábbi fejezetben megtalálható.)

adatok	m.gazd.	ipar	szolg.
m.gazd.	0,09	0,05	0,02
ipar	0,26	0,17	0,11
szolg.	0,14	0,16	0,13

4-5. táblázat: A fajlagos termék-ráfordítási együtthatók mátrixa a Walras-Cassel modell I-O bővített változatában

A különbség annyi, hogy a CGE-2 példában termelési függvényekkel dolgoztunk, ebben a példában pedig fajlagos tényező-ráfordítási koefficiensekkel. A paramétereket mindkét esetben úgy kalibráltuk, hogy ezekben a speciális megoldásokban ugyanazt a végeredményt kapjuk mindkét modellre. Ez azonban nem jelenti azt, hogy két azonos modelltől lenne szó. Ha megpróbálnánk megváltoztatni valamelyik exogén adottságot, például a tényezőkínálatot, akkor azt tapasztalnánk, hogy a két modell jelentős eltérésekkel reagálna ezekre a megváltozott feltételekre.

Ennél a bővítésnél a Walras-Cassel modell alapváltozatának legtöbb egyenletét változtatás nélkül felhasználhatjuk, néhány esetben azonban kisebb átalakításokat kell elvégezni. Csak azokat az egyenleteket részletezem ebben az alfejezetben, amelyek módosultak.

Nyilvánvaló, hogy az egyensúlyi termékárakra most nem csak a termelési tényezők árai vannak hatással, hanem a termékárakba beépülnek a köztes inputok árai is:

$$\mathbf{p} = \mathbf{pA} + \mathbf{rD} . \quad (4-10.)$$

A fenti mátrix-vektor egyenletből egyenként kiírva a keresett p_n ($n=1..M$; $M=3$) termékárakat, egy olyan lineáris, M ismeretlenes egyenletrendszerhez jutunk, amelyben az egyenletek száma szintén M :

$$\begin{aligned} p_n &= (p_1 a_{1,n} + \dots + p_M a_{M,n}) + (r_1 d_{1,n} + \dots + r_K d_{K,n}) = \\ &= \left(\sum_m p_m a_{m,n} \right) + \left(\sum_k r_k d_{k,n} \right) \end{aligned} \quad (4-11.)$$

A termékárak kiszámítása a tényezőárakból a fenti összefüggés alapján kissé összetettebb feladat, mert a meghatározandó \mathbf{p} árvektor az egyenlet bal- és jobboldalán egyaránt szerepel, (de még mindig egyszerűen elvégezhető akár az Excel függvényei, például az INVERZ.MÁTRIX() segítségével.) Ehhez rendeznünk kell az egyenletet \mathbf{p} -re:

$$\mathbf{p}(\mathbf{E} - \mathbf{A}) = \mathbf{rD} , \quad (4-12.)$$

amelyből:

$$\mathbf{p} = \mathbf{rD}(\mathbf{E} - \mathbf{A})^{-1} , \quad (4-13.)$$

ahol \mathbf{E} az egységmátrixot, a -1 kitevő a zárójelen belüli mátrix inverzét jelöli. Feltesszük, hogy az $(\mathbf{E}-\mathbf{A})$ mátrix invertálható, vagyis az egyenletrendszerünk megoldható \mathbf{p} -re. (A megoldhatóság feltételeiről bővebben lásd: Zalai 2000.) A fent ismertetett inverz mátrixot a szakirodalom Leontief inverzként említi az input-output analízis atyjaként tekintett W. Leontief nyomán (Leontief 1936). A mátrix invertálás műveletét tehát valamilyen módszer segítségével be kell építenünk a modellbe.

A kibocsátás és a fogyasztásra szánt végső felhasználás ebben a modellben már nem fog megegyezni, a különbséget a termelő-felhasználás okozza:

$$\mathbf{Y} = \mathbf{X} + \mathbf{A}\mathbf{Y} . \quad (4-14.)$$

Kiírva ágazonként:

$$Y_n = X_n + \sum_m a_{m,n} Y_m . \quad (4-15.)$$

A fenti mátrix-vektor egyenletet rendezve:

$$(\mathbf{E} - \mathbf{A})\mathbf{Y} = \mathbf{X} . \quad (4-16.)$$

Továbbá megoldva \mathbf{Y} -ra, a kibocsátásvektor esetében azt kapjuk, hogy:

$$\mathbf{Y} = (\mathbf{E} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{X} . \quad (4-17.)$$

Ugyanúgy a Leontief-féle inverz mátrixot kellett felhasználnunk, mint amelyet a termékárak kiszámításánál már meghatároztunk. A modellünk többi része megegyezik az alapváltozattal, ezért az ezekre vonatkozó egyenleteket nem ismétlem meg.

A komparatív statikai elemzési lehetőségek köre azonban most bővült. Már nem csak a tényező ellátottság, a fogyasztói preferenciák és a tényező-ráfordítási koefficiensek változásainak hatását tudjuk számítógépes szimulációval vizsgálni, hanem kipróbálhatjuk a fajlagos termék-ráfordítási együtthatók módosításának hatásait is. Azaz feltehetjük azt a kérdést, hogy mi történne a gazdaság egészében, ha módosulnának az ágazati input-output kapcsolatok.

A kiinduló paraméterekhez és adatokhoz tartozó megoldás megtalálható a 2.2.2.2. fejezetben ismertetett CGE-2 példa SAM táblázatában. Bár ott, a CGE példában termelési függvényekkel dolgoztam, ugyanakkor a paramétereket úgy kalibráltam, illetve a fajlagos tényező- és termék-ráfordítási koefficienseknek olyan értékeket adtam, hogy a két különböző modell kiinduló helyzetben ugyanazt a végeredményt szolgáltatassa. A Walras-Cassel modellnek ezt az input-output kapcsolatokkal bővített változatát is megvalósítottam számítógépes szimuláció formájában, és a megfelelő algoritmussal¹⁶ megkerestem az egyensúlyi megoldást. Erre a

¹⁶ Az egyensúlyi megoldás megkeresésre többféle algoritmus létezik. Erre az egyszerű példára még el lehet készíteni néhány programsor megírásával a Newton-féle érintő módszert, vagy alkalmazhatunk valamilyen,

modellre is igaz, hogy a paraméter értékek vagy a külső adottságok minimális mértékű megváltoztatására rendkívül érzékenyen reagál a megoldás, amelynek oka, hogy a fajlagos koeficiensek olyan reálmerevségeket takarnak, amelyek szerint a vállalatok nem képesek az inputok helyettesítésére még akkor sem, ha az árarányokban jelentős változások következnenek be. Ha a tényező-ráfordítási koeficiensek helyett termelési függvényeket vezetünk be, akkor ez a fajta reálmerevség bizonyos fokig feloldható. Erre mutatnék be példát a következő fejezetben.

4.1.3. Termelési függvény a fajlagos tényező-ráfordítás helyett

Vegyük ki a modellnek a 4.1.1. fejezetben ismertetett, input-output kapcsolatok nélküli alapváltozatából a fajlagos tényező-ráfordítási koeficienseket, és helyettesítsük azokat a Cobb-Douglas termelési függvénnyel az alábbiak szerint. Az ágazatok száma továbbra is tetszőleges lehet, a tényezők számát azonban most lekorlátozzuk kettőre, munkára és tőkére, és ennek megfelelően új jelölésrendszert vezetünk be, amelyek mindegyikét megfeleltethetjük valamelyik korábbi szimbólumnak: $F^D_{1,m}=L_m$; $F^D_{2,m}=K_m$; $r_1=w$; $r_2=r$. A termelési függvény alakja az m -edik szektorban a következő konkrét alakot ölti:

$$Y_m = TFP_m L_m^{\alpha_m} K_m^{1-\alpha_m}, \quad (4-18.)$$

ahol az L_m , K_m az m -edik ágazatban felhasznált munkát és tőkét, az α_m az erre a szektorra érvényes parciális termelési rugalmasságot, a TFP_m (Total Factor Productivity) a szektorra jellemző teljes tényező termelékenységet jelenti. A számszerűsített példában úgy kalibráltam a TFP_m és az α_m értékeket, hogy 207,0 egységnyi munka és 184,0 egységnyi tőke, mint tényező ellátottság mellett ugyanazt az alapmegoldást kapjuk, mint a Walras-Cassel modell esetében:

α_m $1-\alpha_m$	m.gazd.	ipar	szolg.
munka	0,5352	0,4909	0,6498
tőke	0,4648	0,5091	0,3502
TFP_m	1,0644	2,1003	1,4928

4-6. táblázat: Parciális tényező rugalmassági paraméterek és teljes tényező termelékenység

A kibocsátás a fent bemutatott termelési függvény alapján határozódik meg, ugyanakkor a modellben csak implicit módon szerepel, helyette explicit módon árfüggvényeket és tényező-keresleti függvényeket fogunk alkalmazni. Belátható, hogy ezek az utóbb említett

professzionális szoftvert, amely támogatja a többváltozós nemlineáris egyenletrendszerek megoldását. Ilyen szoftver például a GAMS, illetve a Matlab.

függvényformák ekvivalensek a Cobb-Douglas termelési függvénynek a költségminimumban vett optimális megoldásával. Ez azt jelenti, hogy ha a tényezőkeresleti függvények alapján kapott elsődleges inputokat helyettesítjük be a termelési függvénybe, akkor pontosan ugyanazt az outputot kapjuk, mint amelyből munka és tőke keresletének kiszámításakor kiindultunk. Ennek alapján a termékárakat meghatározó árfüggvények az alábbi képlet szerint alakulnak:

$$P_m = \frac{w^{\alpha_m} r^{1-\alpha_m}}{TFP_m \alpha_m^{\alpha_m} (1-\alpha_m)^{1-\alpha_m}} . \quad (4-19.)$$

A munka és a tőke kereslete:

$$L_m = \frac{\alpha_m P_m Y_m}{w} = \frac{\alpha_m VA_m}{w} , \quad (4-20.)$$

$$K_m = \frac{(1-\alpha_m) P_m Y_m}{r} = \frac{(1-\alpha_m) VA_m}{r} , \quad (4-21.)$$

ahol a VA_m az m -edik ágazat által létrehozott hozzáadott értéket jelöli. A modellben tehát ezeket az ár- és keresleti függvényeket szerepeltetjük a termelési függvény helyett, ugyanakkor mindvégig szem előtt tartjuk, hogy a háttérben igazából a termelési függvényünk működik.

A háztartások jövedelme most lényegében ugyanaz, mindössze a tényezők és azok árainak jelölésére használt szimbólumok változtak meg, illetve a tényezők számát kettőnek rögzítettük:

$$I_C = wL_S + rK_S . \quad (4-22.)$$

A fogyasztásra szánt javak keresletének levezetése, valamint a modellbe beépítendő képlet teljesen ugyanaz, mint a 4.1.1. fejezetben. A hasznossági függvényt ebben az esetben sem szükséges explicit módon szerepeltetni a modellen belül, hanem csak a belőle származtatható keresleti függvényeket:

$$X_m = \frac{\beta_m I_C}{P_m} . \quad (4-23.)$$

Alaphelyzetben mindkettő, a 4.1.1. fejezetben bemutatott, fajlagos tényező-ráfordítás felhasználásával készült modell, és az itt, ebben a 4.1.3. fejezetben ismertetett, termelési függvényekkel operáló modell is, ugyanazt a megoldást szolgáltatják. (Az ehhez a megoldáshoz tartozó társadalmi elszámolások mátrixát, valamint az egyensúlyi árakat és mennyiségeket tartalmazó táblázatokat megtaláljuk a 2.2.2.1. alfejezetben ismertetett CGE-1 példánál.) Ennek ellenére mégis két különböző modelltől van szó, amelyről legszemléletesebben úgy győződhetünk meg, ha megváltoztatjuk például a munka kínálatát (növeljük meg 207,0-ről 210,0-re). A Walras-Cassel modell igen érzékenyen fog erre

reagálni, amelyet a munkabérek jelentős csökkenésében figyelhetünk meg. Ugyanakkor a termelési függvények esetén a vállalatoknak lehetőségük nyílik az alkalmazkodásra, vagyis az olcsóbb tényezővel fogják helyettesíteni a relatíve drágább tényezőt. Ezáltal a gazdaság egészén végiggűrűző hatások kevésbé lesznek jelentősek, például a munkabér kevésbé csökken, a tőkeintenzívebb ágazatok árai kisebb mértékben növekednek stb. A termelési függvények alkalmazása következképpen jobban közelíti a valóságot, éppen ezért a térbeli számszerűsített általános egyensúlyi modellekben nem tényező-ráfordítási koefficienseket, hanem a valóságban megfigyelt adatok alapján kalibrált termelési függvényeket fogunk alkalmazni.

4.1.4. Termelési függvény és input-kapcsolatok

A termelési függvény felhasználásával történő továbbfejlesztés a fentiekhez hasonlóan a 4.1.2. fejezetben bemutatott, az input-output kapcsolatokkal bővített változat esetében is elvégezhető az alábbi elvek betartásával:

A termelési függvényt a teljes kibocsátásra kell értelmezni, beleértve tehát nemcsak a végső fogyasztásra szánt javakat, hanem a termelő felhasználást is. Ennek figyelembe vétele mellett a termelési függvény alakja ugyanaz lesz, mint ahogyan azt ennek az alfejezetnek az elején ismerttettem. A tényezőkeresleti függvények esetében azonban a hozzáadott értékből kell kiindulni, és ez a hozzáadott érték most valamelyest módosul az input-output kapcsolatok nélküli esethez képest (lásd lejjebb, a termékárak levezetésénél):

$$L_m = \frac{\alpha_m VA_m}{w} , \quad (4-24.)$$

$$K_m = \frac{(1 - \alpha_m) VA_m}{r} . \quad (4-25.)$$

A termékárak meghatározását két lépésben szükséges elvégezni. Először a tényezőárak alapján kiszámítjuk az egységnyi termékre jutó hozzáadott értéket (amelyet η_m -mel fogunk jelölni) az alábbi képlet szerint:

$$\eta_m = \frac{w^{\alpha_m} r^{1-\alpha_m}}{TFP_m \alpha_m^{\alpha_m} (1 - \alpha_m)^{1-\alpha_m}} . \quad (4-26.)$$

Az így kapott η_m értékeket fogjuk felhasználni a tényezőkereslet meghatározásához szükséges hozzáadott érték kiszámításához:

$$VA_m = \eta_m Y_m . \quad (4-27.)$$

A második lépésben erre a termékegységre jutó hozzáadott értékre alkalmazzuk a Leontief-féle inverz mátrixot:

$$\mathbf{p} = \boldsymbol{\eta} (\mathbf{E} - \mathbf{A})^{-1} . \quad (4-28.)$$

Így megkaptuk a termékárakat, amelyek visszahelyettesíthetők a háztartásoknak a fogyasztói javak iránt támasztott keresleti függvényébe, amelynek segítségével végül a végső kibocsátás és a termelő felhasználás is meghatározható.

A fent ismertetett szabályok betartásával a Cobb-Douglas termelési függvényt tartalmazó egyszerű CGE modellünk összekapcsolható az ÁKM-et¹⁷ tartalmazó modellblokkal, és a két rész együtt, szimultán módon működtethető egyetlen CGE modellként.

Ez az utóbb ismertetett, input-output kapcsolatokkal kibővített, Cobb-Douglas termelési függvényt használó CGE modell, és a 4.1.2. fejezetben bemutatott, fajlagos tényező-ráfordítás felhasználásával készült modell ugyanazt a megoldást szolgáltatják. (Az ehhez a megoldáshoz tartozó társadalmi elszámolások mátrixát, valamint az egyensúlyi árakat és mennyiségeket tartalmazó táblázatokat megtaláljuk a 2.2.2.2. alfejezetben ismertetett CGE-2 példánál.)

4.2. Egy CGE példa Johansen-féle termelési függvénnyel

A 4. fejezet eddigi konkrét példáiban kizárólag a Cobb-Douglas típusú termelési függvényt használtuk. A kínálati oldalon azonban más összefüggések is alkalmazhatók, mint ahogyan azt a 2. fejezetben a függvénykapcsolat általános alakjának felírásakor feltételeztük. Erre szeretnék némi kitéréssel egy olyan példát felhozni, amelyen belül a Johansen-féle termelési (Zalai 2000, 298. oldal) függvény egy speciális esetét, a CES (konstans helyettesítési rugalmasságú) függvényforma segítségével szemléltetem. Ebben a modellben két lépésben határozzuk meg a termékárakat, amelyen belül először a termelési függvényt alkalmazzuk, majd második lépésben az ágazati input-output kapcsolatok miatt a Leontief-féle inverz mátrixot.

Bármely m termelő ágazatban $m=1..M$ a termelési függvény alakja K darab termelési tényező esetén az alábbi (Chiang 1990; Varian 1992, 2001; Zalai 2000):

$$Y_m = (\gamma_{1,m} F_{1,m}^{-\rho_m} + \dots + \gamma_{K,m} F_{K,m}^{-\rho_m})^{-1/\rho_m} = \left(\sum_k \gamma_{k,m} F_{k,m}^{-\rho} \right)^{-1/\rho_m}, \quad (4-29.)$$

ahol $F_{k,m}$ a k -edik termelési tényezőtől az m -edik szektorban felhasznált mennyiség, $\gamma_{k,m}$ az m -edik ágazatra jellemzően ($k=1..K$) a CES termelési függvény részesedési¹⁸ paraméterei a $\sigma_m = 1/(1+\rho_m)$ pedig a helyettesítés rugalmassága szintén ugyanebben az m -edik szektorban.

¹⁷ Az ÁKM rövidítés az ágazati kapcsolatok mérlegét takarja, lényegében az ágazati input-output analízis szinonimájaként érthető. Ennek bővebb kifejtése a 2. fejezetben található.

¹⁸ Az általánosabb formát (Zalai 2000, 277. oldal) kissé leegyszerűsítve, a CES függvénynek a fent használt felírásában nem használtunk külön szinttényezőt, vagyis a részesedési paramétereket eleve a szinttényezővel felszorozott értékeként szerepeltettük. A $(\sum_k \gamma_{k,m})^{-1/\rho}$ kifejezést szinttényezőként értelmezve és kiemelve a zárójel elé, a CES függvény olyan alakjához juthatunk, amelyben a részesedési paraméterek összege pontosan egy.

Mint ahogyan azt a korábbi példáinkban is tettük, most sem feltétlenül szükséges a termelési függvényt explicit módon a modellbe beépíteni, hanem a belőle levezethető árfüggvényeket és tényező keresleti függvényeket fogjuk alkalmazni.

Ennek megfelelően az adott kibocsátási szint eléréséhez, a költségminimalizáló szélsőérték feladat optimális megoldása esetén, az egységnyi kibocsátás hozzáadott értéke:

$$\eta_m = \left(\gamma_{1,m}^{\sigma_m} r_1^{1-\sigma_m} + \dots + \gamma_{K,m}^{\sigma_m} r_K^{1-\sigma_m} \right)^{1/(1-\sigma_m)} = \left(\sum_k \gamma_{k,m}^{\sigma_m} r_k^{1-\sigma_m} \right)^{1/(1-\sigma_m)}, \quad (4-30.)$$

ahol a w_k (hasonlóan a 4.1.2. és 4.1.3. fejezetekben ismertetett modellekhez) rendre az egyes tényezőárakat jelöli. A fentiekből levezetve (a matematikai bizonyítást itt nem részletezve) a termelési tényezők kereslete:

$$F_{k,m}^D = Y_m \left(\frac{\gamma_{k,m} \eta_m}{r_k} \right)^{\sigma}, \quad (4-31.)$$

amelyből, figyelembe véve a köztes termékek felhasználását is, az előállított javak egységára:

$$\mathbf{p} = \boldsymbol{\eta} (\mathbf{E} - \mathbf{A})^{-1}. \quad (4-32.)$$

Vagyis az ágazati input-output kapcsolatok figyelembe vétele végett ugyanúgy a Leontief inverzet kell alkalmaznunk, mint ahogyan azt a megelőző példákban tettük. Ez, és az ezt követő többi egyenlet hasonló a 4.1. fejezetben ismertetett modellekben leírtakhoz. Ennek megfelelően az \mathbf{Y} kibocsátásvektor és az \mathbf{X} , mint a végső felhasználás vektora közötti összefüggés, amely végső soron biztosítja a termékpiacok keresletének és kínálatának egyensúlyát:

$$\mathbf{Y} = (\mathbf{E} - \mathbf{A})^{-1} \mathbf{X}. \quad (4-33.)$$

A háztartások jövedelme (I_C), és a keresleti¹⁹ függvény (X_m) a korábbi fejezetekben leírtakhoz hasonlóan:

$$I_C = (r_1 F_1^S + \dots + r_K F_K^S) = \sum_k r_k F_k^S, \quad (4-34.)$$

$$X_m = \frac{\beta_m I_C}{P_m}. \quad (4-35.)$$

¹⁹ A kínálati oldalhoz hasonlóan a hasznossági függvény esetében is lehetne különböző függvényformákat, például CES függvényre építet, vagy Stone-féle stb. keresleti rendszert alkalmazni. Az alapváltozatok esetében azonban nem célok a különféle függvényformákon alapuló variációk számának növelése és azok részletes bemutatása. A későbbiekben, az interregionális kereskedelemnél fogom szemléltetni a CES függvényen alapuló, régiók közötti keresleti rendszert.

Végül a tényezőpiacok egyensúlyi feltétele alapján közvetlenül meghatározhatjuk az egyensúlyi tényezőárakat, majd visszalépve a korábbi áregyenletekre, közvetett módon levezethetjük az egyensúlyi termékárakat. A termelési tényezők ágazonkénti keresletét összegezve, a tényezőtípusonkénti összes keresletnek a rendelkezésre álló regionális tényező kínálattal kell egyezniük $k=1..K$, azaz minden termelési tényezőre nézve külön-külön:

$$F_k^S = F_{k,1}^D + \dots + F_{k,M}^D = \sum_m F_{k,m}^D \quad (4-36.)$$

Az egyszerűség kedvéért ugyanazokat a fajlagos termék-ráfordítási koefficienseket, vagyis **A** mátrixot, továbbá fogyasztói preferenciákat, tényező kínálatot (munka és tőke) stb. fogjuk használni ebben a számszerűsített példában is, mint amelyet már korábban bemutattunk. Így a konkrét paraméter értékek közül csak a részesedési paramétereket és a helyettesítési rugalmasságokat szükséges külön szemléltetni:

$\gamma_{k,m}$	m.gazd.	ipar	szolg.
munka	0,48	0,63	1,02
tőke	0,52	0,77	0,36
σ_m	0,97	0,65	0,55

4-7. táblázat: A részesedési paraméterek és a helyettesítési rugalmasságok értékei a Johansen-féle termelési függvénnyel bővített CGE példában

Az egyensúlyi megoldás alapján kapott társadalmi elszámolási mátrix:

érték	m.gazd.	ipar	szolg.	munka	tőke	háztart.	összesen
m.gazd.	4,4	10,1	7,8			27,2	49,5
ipar	16,2	43,1	53,6			140,5	253,4
szolg.	6,5	30,1	47,0			278,3	361,9
munka	10,8	83,0	168,2				262,0
tőke	11,6	87,1	85,3				184,0
háztart.				262,0	184,0		446,0
összesen	49,5	253,4	361,9	262,0	184,0	446,0	

4-8. táblázat: A társadalmi elszámolási mátrix a Johansen-féle termelési függvénnyel bővített CGE példában

Valamint az egyensúlyi mennyiségek és árak:

menny.	m.gazd.	ipar	szolg.	munka	tőke	háztart.	összesen
m.gazd.	0,9	2,0	1,6			5,5	10,0
ipar	2,6	6,9	8,7			22,6	40,8
szolg.	1,4	6,5	10,2			60,4	78,5
munka	8,5	65,6	132,9				207,0
tőke	11,6	87,1	85,3				184,0

megnev.	m.gazd.	ipar	szolg.	munka	tőke
árak	4,94	6,21	4,61	1,27	1,00

4-9. táblázat: Az egyensúlyi mennyiségek és árak a Johansen-féle termelési függvénnyel bővített CGE példában

A 4.1. alfejezeteiben és ebben a 4.2. fejezetben ismertetett különböző példák azt a célt szolgálták, hogy segítségükkel megmutatathassuk, hogy egy adott régió gazdaságának modellezése többféle változatban is elképzelhető. Az, hogy melyik verzióból kiindulva lépünk majd tovább a több régiós modell felé a térbeli kiterjesztés alkalmával, legfőképpen attól függ, hogy mi a regionális elemzés tárgya, vagyis milyen szempontból akarjuk vizsgálni a térbeli folyamatokat. Másrészt a hozzáférhető statisztikai adatok is egyfajta korlátot szabhatnak, ugyanis hiába lenne „elegánsabb” a Johansen-féle termelési függvénnyel megvalósított CGE modell alkalmazása, ha regionális szinten nem állnak rendelkezésre az ágazati input-output táblák, vagy ökonometriai szempontból a CES függvény paramétereinek a becslése nehézségekbe ütközne. Sok esetben tehát nem csak a vizsgálat tárgya, hanem néha a kényszerűségi szempontok is szerepet játszanak abban, hogy melyik változatot tekinthetjük kiindulási alapnak.

4.3. Első lépés az SCGE felé: a CGE kiterjesztése több régiós esetre

A számszerűsített általános egyensúlyi (CGE) modellek és az „új gazdaságföldrajz” NEG kapcsolatát vizsgálva megállapíthatjuk, hogy az „új gazdaságföldrajz” 1990-es évekre tehető térhódításáig a számszerűsített általános egyensúlyi modellezés többnyire makrogazdasági kérdésekre koncentrált, a gazdasági tevékenységek térbeli elhelyezkedésének számítógépes szimulációja külön fejlődési pályán haladt. Olyan érzésünk van az „új gazdaságföldrajzi” modellek korai verzióinak esetében, mintha meg akarnának maradni a tisztán elméleti absztrakció szintjén, és legfeljebb kitalált „fiktív” számpéldákkal szeretnék illusztrálni az új elmélet eredményeit. A dolgozat legelső, a bevezetésnél található idézetéből azonban egyértelműen kiolvasható, hogy már az elején kifejezték abbéli szándékukat a fejlődésben

kulcsszerepet játszó közgazdászok, hogy mindezeket a nagyszerű elméleti eredményeket célszerű lenne empirikusan is igazolni, valamint a gyakorlatban közvetlenül is hasznosítható modellek formájában megvalósítani. Az addigra már több évtizedes múltra visszatekintő számszerűsített általános egyensúlyi modellezés kézenfekvő módszertani keretnek látszott erre a célra.

Ebben a részben a 4.1. fejezetben ismertetett alapmodell térbeli kiterjesztésének legfontosabb lépéseit mutatom be. A régiók közötti kapcsolatok nem csak újabb egyenletek és függvényformák bevezetését teszik szükségessé, hanem az egyensúlyi megoldás szemléltetését szolgáló társadalmi elszámolások mátrixa is átalakításokat igényel annak megfelelően, ahogyan azt a 2.2.2.4. fejezetben szemléltettem.

A térbeli számszerűsített általános egyensúlyi modellünk „magját” a 4.1.3. fejezetben ismertetett példa alapján egy olyan leegyszerűsített CGE modell fogja jelenteni, amelyben Cobb-Douglas típusú termelési, illetve hasznossági függvényt fogunk alkalmazni, a háztartások preferenciái homogének lesznek, a termelési tényezők kínálatát rövid távon állandónak tekintjük, a beruházásokat exogén adottságként kezeljük, valamint nem számolunk az ágazatok közötti input-output kapcsolatokkal. Ennek megfelelően a termelési függvény által meghatározott kibocsátás értéke meg fog egyezni a hozzáadott értékkel és a termelési tényezők összes jövedelmével.

4.3.1. A több régió modellezése

Tekintsünk kettő (a későbbiekben majd még több) régiót, amelyekre már felépítettük a CGE modellünk alapváltozatát. Erre a két régióra most nem külön-külön (vagy egymás után) határozzuk meg az egyensúlyi megoldást, hanem egyetlen modellen belülré sűrítjük azokat oly módon, hogy minden egyes olyan változó, amely regionális szinten különbségeket hordozhat, kap egy i ($i=1..I$) indexet, ahol a I a régiók darabszámát jelöli (esetünkben ez most kezdetben $I=2$). Technikai szempontból tehát úgy kell a modellt megvalósítani, hogy a CGE blokkokat szimultán módon, vagyis egyidejűleg kell megoldani.

Első megközelítésben, a két szóban forgó régió legyen teljesen független egymástól, amely azt jelenti, hogy nincs közöttük kereskedelem, és nem áramlanak a termelési tényezők sem. Így a megoldás látszólag semmiben sem különbözik attól az esettől, mintha a két régiót külön-külön számítottuk volna ki, mégis lényeges különbség, hogy egyazon rendszeren belül legyenek definiálva, mert ez teremti majd meg a lehetőségét annak, hogy a későbbiekben a modellen belül a két területi egységet valamilyen módon majd összekapcsoljuk.

A regionális termelékenységben mutatkozó különbségeket a termelési függvényben szerepeltetett TFP (teljes tényező termelékenység) paraméterek közötti eltérések képviselik:

$$Y_{i,m} = TFP_{i,m} L_{i,m}^{\alpha_m} K_{i,m}^{1-\alpha_m} . \quad (4-37.)$$

A Cobb-Douglas termelési függvény alakja következésképpen nagyban hasonlít a korábban felírtakhoz, a változás csupán annyi, hogy szerepel benne az i regionális index is, amely a térbeli különbségeket hivatott megjeleníteni. A regionálisan változó ágazati $TFP_{i,m}$ értékek segítségével abszolút és komparatív előnyöket egyaránt kifejezhetünk, amelyek a számszerűsített példánkat²⁰ bemutató alábbi táblázatok alapján is megfigyelhetők:

$TFP_{i,m}$	m.gazd.	ipar	szolg.
régió 1	1,0644	2,1003	1,4928
régió 2	1,2579	1,6437	1,3995

4-10. táblázat: Regionálisan különböző teljes tényező termelékenység

A táblázatban szereplő TFP adatok ugyan fiktív értékek, ugyanakkor nem véletlenszerűen kerültek kialakításra. Szándékosan olyan értékeket kerestem, hogy egyensúlyi megoldásban az 1. régió szektoronkénti tényezőkereslete, valamint egyensúlyi árai és mennyiségei pontosan megegyezzenek az 2.2.2.4. fejezetben található CGE-4 példáéval, így a két különböző modell könnyebben összehasonlíthatóvá vált. Azt, hogy valóban két különböző modelltől van szó, mi sem bizonyítja jobban, minthogy eltérően reagálnak a régiót érő sokkokra, amelyet számítógépes szimulációval ki is próbálhatunk.

Másrészről a termelési tényezők kínálatában is jelentős eltérések lehetnek a régiók között, amelyet a számszerűsített példánkban az alábbiak szerint vettünk figyelembe.

F^S	régió 1	régió 2
munka	207,0	178,0
tőke	184,0	158,2

4-11. táblázat: A termelési tényezők kínálata a kétrégiós modellben

Nyilvánvaló, hogy az eltérő termelékenység, valamint tényezőellátottság különböző egyensúlyi kibocsátást, termék- és tényezőárakat fog eredményezni a két régióban. Amíg a

²⁰ A termelékenységi szinteken kívül az alkalmazott technológiában is definiálhatnánk regionális sajátosságokat az α parciális tényező rugalmassági paraméterek segítségével. Ennek alapján lehetnének olyan régióink, amelyek bizonyos ágazatokban tőkeintenzívebb, míg máshol munkaintenzívebb technológiákat alkalmaznak. Az egyszerűség kedvéért most még nem teszünk különbséget a régiók között a parciális tényező rugalmassági paraméterek alapján, a gyakorlati alkalmazások során azonban sokszor előfordulhat, hogy térben változó értékeket kell használnunk.

két régió között nincsen semmiféle gazdasági kapcsolat, addig a szóban forgó regionális egyensúlyok egymástól függetlenül fognak létrejönni. Ha azonban a régiók közötti kereskedelemmel kell bővíteni a modellt, akkor a térbeli távolságot a szállítási költségek figyelembe vételével szükséges a modellbe építeni. Különösen fontos ez, ha már nem csak kettő, hanem több régiónk lesz a modellben, ugyanis ekkor a távolabbi régiók esetében nagyobb, a közelebbiekénél kisebb szállítási költséget kell definiálnunk. Ilyen módon a távolság nem csupán földrajzi (légvonalbeli), hanem gazdasági értelmezést is nyer, amely függ a közlekedési infrastruktúrára fordított fejlesztésektől.

4.3.2. A szállítási költségek figyelembe vétele

A szállítási költségeket lehetséges lenne külön a közlekedési ágazat közvetlen szimulációjával is figyelembe venni, amely azonban sok esetben fölöslegesen bonyolulttá tenné a rendszert, és egyáltalán nem biztos, hogy a hatásvizsgálat számára megbízhatóbb eredményeket szolgáltatna. A közvetett módon való modellbe építés egyik lehetséges módszere a Samuelson féle jéghegy elven alapszik. Ennek lényege, hogy a szállítási költségeket minden esetben a tér egyik pontjából a másikba eljuttatott áru arányában fejezzük ki, vagyis a célállomáshoz valamivel kevesebb áru érkezik meg, mint amennyit útnak indítottunk. Az elv elnevezése azon a szemléletesen hasonlaton alapszik, mint ahogyan a jéghegyek a sarkvidékekről leszakadva, és a melegebb tengerek felé haladva fokozatosan elolvadnak.

Az arányszám matematikai definíciójára többféle lehetőség kínálkozik, a leggyakrabban alkalmazott képlet az útnak indított áru meghatározott százalékában fejezi ki a célba érkező mennyiséget. Ilyen megoldással találkozhatunk például Krugman centrum-periféria modelljében is (Krugman 1991a). Az „elolvadt” mennyiségeket az ágazati input-output kapcsolatok szempontjából úgy célszerű értelmezni, mintha a szállítási ágazat ilyen mértékben használt fel volna inputokat a többi termelő szektor által előállított javakból, és ennek ellenértékét a szóban forgó szektorok felé kifizette volna. A célba érkező mennyiség ugyanakkor kevesebb, emiatt a szállított javak árai magasabbak a gyárkapuban értelmezett árhoz képest. A háztartások tehát magasabb árat fizetnek a termékekért, mint amekkora bevétel a termelőknél keletkezik. A különbség a szállítási ágazat bevétele. Ennek megfelelően kétféle árat szükséges definiálni, az egyik az f.o.b.²¹ ár, amely nem tartalmaz szállítási költségeket, a másik a c.i.f.²², amely már igen.

Modellünkben a szállítási költségeket a szokásostól kissé eltérő módon fogjuk ábrázolni, és pedig úgy, hogy a τ paraméter esetünkben azt jelenti, hogy milyen arányban magasabb a c.i.f. ár az f.o.b. árhoz képest. Az f.o.b. árra bevezetve a q jelölést, és a p szimbólumot pedig meghagyva a c.i.f. ár számára, az alábbi összefüggés írható fel a két ár között:

²¹ freight on board

²² cost, insurance and freight price

$$p_{j,i,m} = q_{i,m}(1 + \tau_{i,j}), \quad (4-38.)$$

ahol $p_{j,i,m}$ az m -edik szektor termékének fogyasztói ára a j -edik régióban az i -edik régióból odaszállítva. A $q_{i,m}$ az m -edik ágazat termelői ára az i -edik régióban. A $\tau_{i,j}$ a szállítási költség a j -edik régióig az i -edik régióból útnak indított áru értékének arányában kifejezve.

A szállítási költségeket jelképező paraméterek között ágazati szinten most nem tettünk különbséget, ugyanakkor sem elvi sem gyakorlati akadály nincs annak, hogy szektoronként eltérő szállítási költségekkel dolgozzunk annak megfelelően, ahogyan a valóságban is megfigyelhetők a különbségek.

A kétrégiós számszerűsített mintapéldánkban az alábbi szállítási költségeket alkalmaztuk a $\tau_{i,j}$ paraméterek fenti definíciójának értelmében:

$\tau_{i,m}$	régió 1	régió 2
régió 1	0,100	0,236
régió 2	0,236	0,100

4-12. táblázat: A szállítási költségek mátrixa a kétrégiós modellben

Vegyük észre egyrészt, hogy a szállítási költségek mátrixa esetünkben egy szimmetrikus négyzetes mátrix. A szimmetria megléte természetesnek tűnik, a gyakorlatban azonban bár ritkán, de előfordulhat, hogy a költségterekre nem feltétlenül érvényes ez a tulajdonság. Másrészt a főátlóban nullától különböző elemeket találunk, amelyeket úgy értelmezhetünk, hogy a régión belüli szállításnak is van valamilyen költsége, amíg a készterméket eljuttatjuk a gyárkaputól a fogyasztóig. Tesszük azt annak ellenére, hogy a régiók térbeli kiterjedését pontszerűnek tekintjük, ugyanakkor nyilvánvaló, hogy a valóságban a régión belül is le kell küzdeni valamekkora távolságot a szállítás során. Ez a megközelítés a régión belüli közlekedési infrastruktúra-fejlesztés hatásvizsgálata során fog meghatározó szerepet játszani oly módon, hogy ezáltal a szállítási költség ilyenféle változását is figyelembe tudjuk majd venni.

4.3.3. Az interregionális kereskedelem modellbe építése

Az eddigi „egyrégiós”, tér nélküli példáink (5-34.) implicit módon magukba foglalták a tökéletes verseny feltételezését, hiszen egy adott ágazaton belül csak egyetlen reprezentatív vállalatot modelleztünk, amely egyféle jószágot állított elő. A régión belüli ágazatok aggregált módon való kezelése azonban nem feltétlenül vonja maga után a tökéletes verseny feltételének szükségességét. Ha n darab régión belüli termékváltozatot definiálnánk, amelyet n darab vállalat állítana elő, akkor ezek optimális száma függene a fogyasztói preferenciáktól,

más szóval a változatosság iránti igénytől. Ezzel a megközelítéssel a régióon belül is élhetnénk a monopolisztikus verseny feltételezésével, ahogyan azt az eredeti Dixit-Stiglitz modellben (Dixit–Stiglitz 1977) valamint ennek későbbi alkalmazásaiban (Fujita–Krugman–Venables 1999) megfigyelhetjük. A régióon belül egyelőre ezt nem tesszük, de a régiók közötti kereskedelem vonatkozásában már enyhítenünk kell a verseny tökéletességén, és valamilyen mértékben el kell mozdulnunk a térbeli monopolisztikus jelleg irányába, ellenkező esetben a modell hatókörét korlátozó feltevést kellene alkalmaznunk, „...mivel térbeli piacon nem beszélhetünk tökéletes versenyről és egyetlen árról még a modell további korlátozó tényezőinek fenntartása mellett sem valamennyi homogén és tökéletesen osztható termékre vonatkozóan.” (Dusek 2004)

A termékek tökéletes oszthatóságát és a származási régiót tekintve a homogenitását tehát továbbra is feltesszük, eltérő régiókból származó termékek esetében azonban különbséget teszünk. A fogyasztók akkor is előnyben részesíthetnek egy adott régióból származó terméket, ha ennek ára egyébként magasabb mint általában az azonos típusú termékeké (például kalocsai paprika, makói hagyma, vecsési káposzta stb.). Tökéletes verseny esetén, ha a termékek között nem lenne semmilyen különbség, akkor a magasabb áron való értékesítés lehetetlen lenne, ugyanakkor a modellünkben azt fogjuk feltételezni, hogy a különböző régiók eltérő árakon fognak értékesíteni egy adott célpiacon, mégpedig mindegyikük valamilyen pozitív mennyiséget.

Ha nem lenne régiók közötti kereskedelem a modellben, akkor a $p_{j,m}X_{j,m} = q_{j,m}Y_{j,m}$ összefüggés teljesülne, hiszen az m -edik szektor termékei iránti kereslet csak az adott régióon belüli outputból nyerhetne kielégítést. Ha azonban a j -edik régióba az $i=1..I$ régiók bármelyikéből szállítható a szóban forgó szektor áruja, akkor ez I darab különféle árat jelent a $q_{i,m}(1+\tau_{i,j})$ szorzatnak, vagyis a szállítási költséggel növelt árak megfelelően. Tekintve a beszállító régiók kereskedelmének egy tetszőleges arányát (az s függvény alakjáról a későbbiekben lesz szó), jelölje ezeket a súlyokat $s_{ij,m}$. Ez az arány azt jelenti, hogy az i -edik régió hány százalékban részesedik a j -edik régióban értékesített m szektorbeli áruk összes mennyiségéből:

$$\sum_i s_{ij,m} = 1 . \tag{4-39.}$$

Ezekkel a súlyokkal beszorozva a különféle árakat, egyszerű összegzéssel előállítható a j -edik régióra érvényes súlyozott átlagár:

$$\pi_{j,m} = \sum_i q_{i,m} (1 + \tau_{i,j}) s_{ij,m} . \tag{4-40.}$$

Ezt az átlagárat, igazából ágazati árindexet kell behelyettesíteni a termékpiacokra érvényes keresleti függvénybe, máskülönben a különböző $p_{j,i,m}$ árakat (ilyen keresleti rendszer mellett) nem tudnánk figyelembe venni.

A továbbiakban azt szükséges megvizsgálni, hogy az i -edik régió m -edik szektora iránt milyen aggregált kereslet képződik az interregionális kereskedelem alapján. Az i -edik régió az összes többi $j=1..I$ régióban értékesítheti az m -edik szektorban előállított javakat. A j -edik régióban történő összes értékesítésből mennyiségi szempontból $s_{ij,m}$ arányban részesedik, ennek megfelelően az i -edik régió által a j -edik régióban értékesített mennyiség: $X_{j,m}s_{ij,m}$. Ugyanakkor különböző $q_{i,m}(1+\tau_{i,j})$ árakon történik ez az értékesítés a különböző célrégiókban, annak ellenére, hogy a kiinduló $q_{i,m}$ ár ugyanaz volt. Egyensúly esetén az i -edik régió összes bevétele az m -edik szektorban egyenlő a hozzáadott értékkel:

$$VA_{i,m} = \sum_j X_{j,m} s_{ij,m} q_{i,m} (1 + \tau_{i,j}). \quad (4-41.)$$

Az interregionális kereskedelmet meghatározó s keresleti függvényeket konstans helyettesítési rugalmasságúnak tételezzük fel (CES).

$$s_{ij,m} = \gamma_{ji,m} \left[\frac{(1 + \tau_{i,j}) q_{i,m}}{\pi_{j,m}} \right]^{-\mu}, \quad (4-42.)$$

ahol az árindex:

$$\pi_{j,m} = \left\{ \sum_i \gamma_{ji,m} [(1 + \tau_{i,j}) q_{i,m}]^{1-\mu} \right\}^{\frac{1}{1-\mu}}, \quad (4-43.)$$

ahol a μ az árrugalmasság, a γ -k pedig a CES függvény részesedési paraméterei.²³

A keresleti függvényünknek a fenti alakja összhangban van a nemzetközi kereskedelem elméletében gyakran használt Armington féle árrugalmassági megközelítéssel (Armington 1969), a különbség csupán annyi, hogy esetünkben akár országon belüli regionális árkülönbségeket is figyelembe vehetünk, továbbá az árkülönbségek kialakulásának magyarázatába nem csak a termelékenységbeli differenciákat, hanem a „jéghegy-elven” alapuló szállítási költségeket is beleértettük.

A kétrégiós szemléltető példánkban a CES függvény helyettesítési rugalmasságát kifejező paraméter ebben a fiktív példában is a gyakorlati alkalmazásból átvett 2,439 értéket kapta, az

²³ A gyakorlati alkalmazások során a μ -t ökonometriai becsléssel a γ -kat pedig a modellnek a valós adatokhoz való illesztése során kalibrálással határozhatjuk meg, mint ahogyan az 6.1. fejezetben bemutatásra kerülő esettanulmányban is történt.

interregionális keresleti függvény részesedési paramétereinek az alábbi „kitalált” értékeket adtuk:

Gamma	m.gazd.	ipar	szolg.
régió 1	0,400	0,330	0,640
régió 2	0,600	0,670	0,360

4-13. táblázat: Az interregionális kereskedelem CES függvényének részesedési paraméterei

A termelési tényezők közül a tőke szabadon áramlik a két régió között, és a kialakuló regionális keresletek fogják meghatározni a felhasználás szintjét. Nagy valószínűséggel előfordulhat, hogy az egyik régióknak kevesebb tőkére lesz szüksége, mint amennyi a rendelkezésére áll, ebben az esetben ez a régió tőkeexportőr, míg a másik tőkeimportőr lesz. A háztartások tőkejövedelmeinél ezeket is figyelembe kell venni. A tőkepiac összességében (a két régió együtt) kerül egyensúlyba, vagyis nemzetgazdasági szinten értelmezhető a tőke keresletének és kínálatának egyezősége.

A munkaerő ebben a kétrégiós példában nem mutat a tőkéhez hasonló mobilitást, miszerint az egyik régióban kerülne felhasználásra, mint termelési tényező, miközben a tényezőjövedelem a másik régióban kerülne elköltésre. Elvileg nincs akadálya az efféle szimulációnak sem, ilyen esetben a munkaerő ingázásáról beszélhetünk.

A munkaerő migrációját, vagyis amikor a munkahelyváltással a lakóhely megváltozása is bekövetkezik, rövid távon nem vesszük figyelembe. Úgy tekintjük, mintha egy adott időperiódusban a munka kínálata konstans lenne. Hosszabb távon azonban, vagyis a dinamikus többperiódusú modellekben megengedjük a munkaerő migrációját, következésképpen némely régiókban növekedhet a munka kínálata a többi régió rovására.

4.4. Néhány külföldi példa az SCGE alkalmazására

Az SCGE modellek sikeres alkalmazására számos külföldi példát találunk. Hollandiában a RAEM²⁴ névre keresztelt modell első alkalmazása egy új vasúti kapcsolat (Amszterdam és Groningen között) közvetett gazdasági hatásainak elemzését szolgálta, 6 különböző alternatívát megvizsgálva (Oosterhaven és szerzőtársai 2001). Az elméleti alapokat az „új gazdaságföldrajz”-ból származtatták, és a tizennégy szektorra vonatkozóan a Dixit-Stiglitz féle monopolisztikus versenyt feltételezték. A modell 14 régiót és 14 szektort tartalmazott, és

²⁴ Ruimtelijk Algemeen EvenwichtsModel.

az együtthatók kalibrálása során jelentős mértékben támaszkodtak a régiók közötti input-output táblákra. A regionális kereskedelem ilyen szintű ismerete mellett is problémát okozott a CES típusú hasznossági és termelési függvényekben a fogyasztók és a termelők helyettesítési rugalmasságainak becslése regionális szinten. A modell eredményei között említhetjük, hogy a 6 darab alternatívára vonatkozóan szimulációs kísérletekkel szemléltette a 2020-ig várható hatásokat a munkaerőpiac változásainak földrajzi megoszlására, a fogyasztói árak mérséklődésére, valamint a kibocsátás és a jövedelmek növekedésére. Az első alkalmazás óta a RAEM modellt többször továbbfejlesztették, ez a munka napjainkban is folyik nemzetközi kutatócsoport részvételével (Ivanova és szerzőtársai 2007).

Egy másik újabb alkalmazása a korábbi RAEM modellnek Thissen és szerzőtársai (2010) tanulmánya, amelyben az út- és dugódíjak bevezetésének pozitív, illetve negatív hatásait vizsgálták Hollandiában az SCGE modell segítségével (Thissen–Limtanakool–Hilbers 2010).

Forslid és szerzőtársai (2002) az európai integráció hatásait vizsgálták az 1992-es Európai Unióra felállított térbeli számszerűsített általános egyensúlyi modellel. A kapott eredmények alapján vonták le azt a következtetést, miszerint minden régió hasznot húz az integrációból, de különböző mértékben, ugyanakkor a regionális különbségek még tovább szélesednek (Combes–Mayer–Thisse 2008).

Norvégiában az interregionális közlekedés modellezése céljából fejlesztették ki szintén térbeli számszerűsített általános egyensúlyi szemléletben a PINGO²⁵ modellt. A fő kérdés az áruszállítás iránti kereslet előrejelzése volt a kormányzat számára a közlekedési infrastruktúrára vonatkozó döntések előzetes hatásvizsgálata érdekében. Passzív stratégiának minősíti a súlyos közlekedési dugókat utólagosan leereagáló infrastruktúra fejlesztést, ezzel szemben aktív stratégiaként ajánlja a nemzetgazdaság és a termelés növekedésének szimulációját, és ezáltal a jövőbeli áruszállítási kereslet meghatározását. Ezt a feladatot el is végezték az 1999-2010-ig és a 2010-2022-ig terjedő időszakokra is, amelyben 19 norvég megyére és 11 szektorra állították fel az egyenletrendszer. A megyékre vonatkozó input-output táblákat a nemzeti statisztika itt is szolgáltatni tudta. Fontos következtetése, hogy a jelenlegi közlekedési infrastruktúra a jövőben nem lesz elegendő, illetve rámutat, hogy mely területeken szükséges a fejlesztés, nem csak a dugók elkerülése, hanem a gazdasági növekedés érdekében is. Az újabb verzióban az előrejelzést már 2040-ig is elkészítették (Vold–Jean-Hansen 2007).

Japánban több évtizedes hagyományokra visszatekintve számos alkalmazás született a gyorsforgalmi utak fejlesztésének előzetes hatásvizsgálata céljából (Miyagi 2001). Ezek közül az egyik legfrissebb tanulmány a Chugoku, Kinki, Kyusyu és Shikoku térségekre vonatkozó forgatókönyv-elemzés, amely néhány új szakasz várható következményeit vizsgálja a háztartások hasznosság növekménye szempontjából. A térbeli általános egyensúlyi

²⁵ A model for Prediction of INterreGiOnal freight transport flows between and within regions.

megközelítés teszi lehetővé, hogy előre kimutatható legyen a néhány körzetre gyakorolt esetleges negatív hatás, annak ellenére, hogy többségében pozitív hatások prognosztizálhatók. Ez utóbbiak vonatkozásában sem lényegtelen szempont, hogy melyik térség profitál az új hálózatból relatíve (illetve 1 fő lakosra vetítve) a legtöbbet, és melyek kevésbé. A modell használhatósága mellett szembeűnő annak egyszerűsége is, viszonylag kevesebb egyenletet és paramétert tartalmaz mint általában az SCGE modellek szoktak. A módszertani gyökereket a RAEM modellből származtatják, ugyanakkor az egyszerűsítések miatt RAEM-Ligth névre keresztelték (Koike–Tavasszy–Sato 2009).

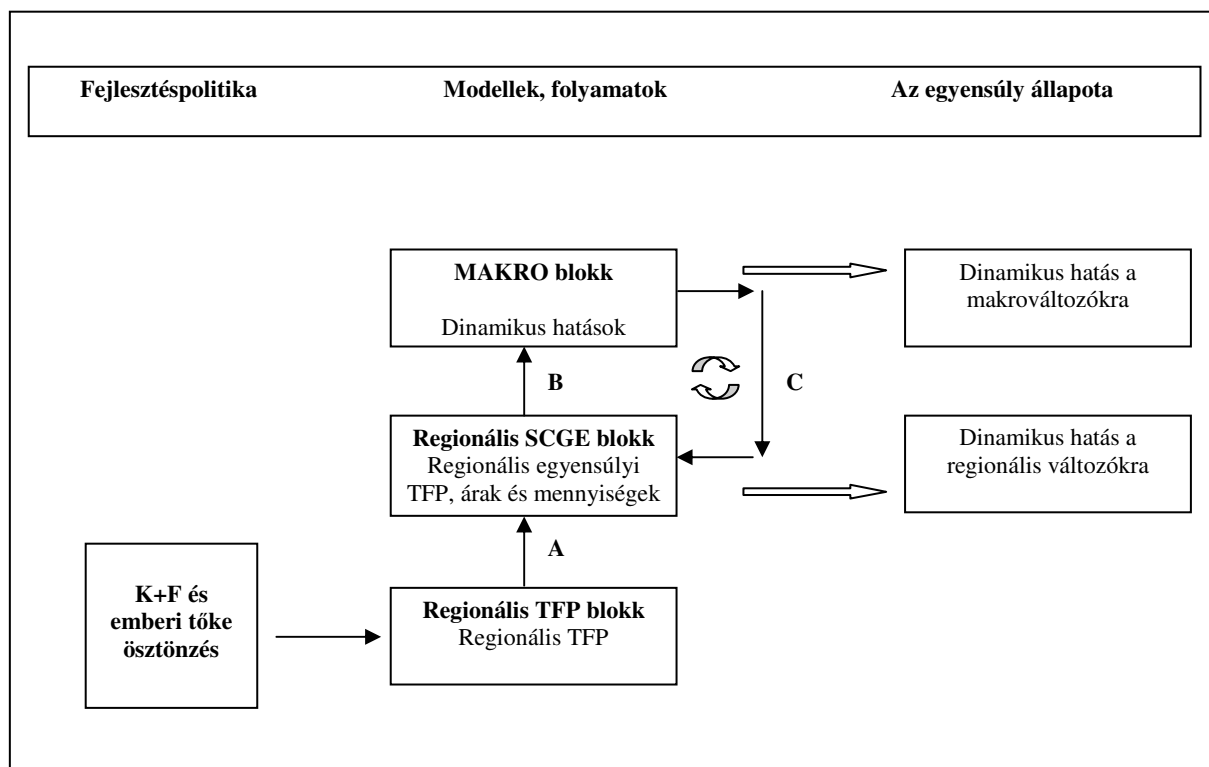
Külön tanulmánykötetre való anyagot lehetne összegyűjteni a szerteágazó külföldi szakirodalomból a különféle SCGE tanulmányok vonatkozásában. Egy érdekesség például, hogy Thaiföldön a globális klímaváltozás következményeként várható tengerszint emelkedés lehetséges gazdasági hatásait vizsgálták ezzel a módszerrel (Ohno 2000).

Sajnos a magyar nyelvű szakirodalom igen keveset foglalkozik a térbeli számszerűsített általános egyensúlymodellek elméletével és gyakorlatával. A regionális politikai dönté-előkészítés során ugyanakkor nagy szükség lenne a hazai tudomány ilyen irányú fejlődésére is.

5. A térbeli számszerűsített általános egyensúlyi modell gyakorlati megvalósítása: A GMR SCGE modellje

A fejezetben bemutatásra kerülő SCGE modell a GMR (Geographic Macro and Regional – „földrajzi makro és regionális”) modell egyik rész-modellje, amelynek újdonsága a makroökonómiai modellekhez viszonyítva az, hogy integrálja a teret a modell szerkezetébe, ami által az agglomerációs hatások, vagy az interregionális kereskedelem és a migráció következményei közvetlenül megfigyelhetőekké válnak. A térbeli közelítésből eredő további újdonsága a modellnek az, hogy általa nemcsak a makroökonómiai, de a regionális hatások is követhetőekké válnak. A GMR modellezési irányzatot és annak közgazdaságtani gyökereit Varga (2006, 2009) mutatja be részletesen.

A GMR modell három rész-modellből épül fel: a regionális TFP (teljes tényező termelékenységi) blokkból, a térbeli számítható általános egyensúlyi (SCGE) blokkból és a makroökonómiai (MACRO) blokkból²⁶ (Varga 2008). A három modell blokk komplex kölcsönös kapcsolatrendszerét az 5-1. ábra illusztrálja:



5-1. ábra: A TFP-t célzó beavatkozások regionális és makrogazdasági hatásmechanizmusa a GMR-Európa modellben (forrás: Varga–Járosi 2011)

²⁶ A makroökonómiai blokk modellbe építésére többféle lehetőség kínálkozik, amelyek közül a kutatómunkám során két különböző modellt is kipróbálhattam, egy makroökonometriai (Schalk–Varga 2004) és egy DSGE modellt (Ratto–Roeger–Veld 2009).

Beavatkozások nélkül a TFP mind a regionális mind a MACRO blokkokban azonos ütemben növekszik egy, a makroökonómiai modell által megbecsült rátát követve. A beavatkozások hatásai a következő lépések során futnak végig a modell rendszerén:

„A” lépés: A beavatkozások eredményeképpen megváltoznak a regionális TFP értékek, amelyek átadódnak az SCGE modellnek, ahol a regionális termelékenység új nagyságai mellett kiszámolódnak a tőke, a munka, az output és a kereslet mennyiségei, valamint a bérek, a tőkekamatok és a végső javak árai minden régióra és minden egyes időperiódusra. A hasznossági különbségek interregionális munka és tőke migrációt eredményeznek, aminek következtében, a regionális foglalkoztatottság változásai (a technológia diffúzió megváltozott intenzitása eredményeként) további változásokat indukálnak a regionális TFP értékekben is.

„B” lépés: Az új regionális TFP értékek (súlyozott átlag számítás eredményeként) aggregálásra kerülnek minden egyes évre. Ezek a makro szintű TFP értékek lépnek aztán be a MACRO modellbe, mint időperiódus specifikus sokkok. Ezen sokkok mellett a makroökonómiai modell blokkban kiszámításra kerülnek minden egyes időperiódusra a makroszintű változók aktuális értékei.

„C” lépés: A beavatkozások eredményeként a MACRO modellben kiszámított tőke és munka változások évenként szétosztásra kerülnek a régiók között a beavatkozások által indukált regionális TFP változások évenkénti térbeli mintáit követve. Az SCGE modell blokk újra fut az új tőke és munka értékekkel, hogy a mennyiségi és ár egyensúlyokat újra kiszámítsa minden egyes régióra és minden egyes időperiódusra.

Többszöri iteráció és konvergencia: A „B” és „C” lépések ismétlődnek mindaddig, amíg az SCGE modellblokk regionális output, tőke, munka és lakossági fogyasztásainak aggregált értékei „igen közel” kerülnek a MACRO blokkban kiszámított értékekhez. A modellel végzett nagy számú szimulációs kísérlet alapján gyakorlati tapasztalatként megfigyelhettem, hogy néhány iterációt követően (a „B” és „C” lépések két-három alkalommal történő ismétlése után) az aggregált regionális értékek lényegében megegyeztek a makroökonómiai blokkban kiszámított értékekkel, és függetlenül a kiindulási helyzettől, a modellblokkok ugyanazokhoz az aggregált idősorokhoz konvergáltak.

Az alábbiakban az SCGE modellblokk ismertetése következik, a teljes GMR modell részletes ismertetése nem képezi részét a dolgozatomnak²⁷.

²⁷ A GMR modellről Varga (2006, 2009) ír részletesen.

5.1. Rövid távú egyensúlyok az SCGE rész-modellben

Az egyenletekben az i , m és t indexek rendre a területi egységet, a szektort és az időperiódust jelölik²⁸. Néhány egyenletnél, ahol a területi egység esetében kettős indexre van szükség (például a szállítási költség egyik régióból a másik régióba), ott az i mellett megjelenik a j index is, és értelemszerűen ez is a területi egységet jelöli.

5.1.1. A tényező keresleti függvények

A termelési függvény Cobb-Douglas formát ölt, amely minden területi egységben és azon belül minden szektorban meghatározza az Y kibocsátást a felhasznált L munka és K tőke mennyiségének függvényében adott α mint rugalmassági és A mint TFP paraméterek mellett:

$$Y_{i,m,t} = TFP_{i,m,t} L_{i,m,t}^{\alpha_{i,m}} K_{i,m,t}^{1-\alpha_{i,m}} . \quad (5-1.)$$

Költségminimalizálás esetén a tényezőkeresleti függvények a következő formájúak²⁹:

$$L_{i,m,t} = \frac{\alpha_{i,m} VA_{i,m,t}}{w_{i,m,t}} , \quad (5-2.)$$

és

$$K_{i,m,t} = \frac{(1-\alpha_{i,m}) VA_{i,m,t}}{r_{i,m,t}} , \quad (5-3.)$$

ahol $w_{i,m,t}$ az egyensúlyi béreket, $r_{i,m,t}$ az egyensúlyi kamatlábat, és $VA_{i,m,t}$ pedig a hozzáadott értéket jelöli:

$$VA_{i,m,t} = q_{i,m,t} Y_{i,m,t} . \quad (5-4.)$$

A $q_{i,m,t}$ egyensúlyi, szállítási költség nélküli (F.O.B.) árak az alábbi képlet szerint határozódnak meg:

$$q_{i,m,t} = \frac{w_{i,m,t}^{\alpha_{i,m}} r_{i,m,t}^{1-\alpha_{i,m}}}{TFP_{i,m,t} \alpha_{i,m}^{\alpha_{i,m}} (1-\alpha_{i,m})^{1-\alpha_{i,m}}} . \quad (5-5.)$$

Az ár függ a felhasznált termelési tényezők mennyiségétől és azok áraitól (munkabér és tőkeköltség). A vállalatok a termelési tényezők iránt olyan optimális keresletet támasztanak, amelyek mellett a költségeik minimálisak. A profit ebben a megközelítésben nulla (a szabad piacra lépést feltételezve), vagyis az előállított hozzáadott értékből származó jövedelmen a

²⁸ A következő fejezetben ismertetésre kerülő, Magyarországra elkészített modellben például $I = 20$ darab régió és $M = 4$ darab szektor van.

²⁹ Lásd például Chiang (1990), illetve Varian (1992) vagy későbbi kiadás.

munka és a tőke osztozik α és $1-\alpha$ arányban. A *TFP*-vel fordított arányban változnak a termelői árak.

Az (5-5.) szerinti árfüggvény implicit módon magában foglalja a Cobb-Douglas termelési függvényt is, vagyis az árfüggvényből levezethető a termelési függvény, következésképpen ez utóbbinak az egyenletét már nem szükséges explicit módon (még egyszer) definiálni a modellen belül.

A hozzáadott érték (*VA*) az (5-4.) egyenlet alapján egyenlő a szállítási költséget nem tartalmazó (*q*) árak és előállított termék mennyiségének (*y*) a szorzatával, másrészt a hozzáadott érték felosztható a munka és a tőke által előállított jövedelmekre az alábbiak szerint:

$$\alpha_{i,m} VA_{i,m,t} = w_{i,m,t} L_{i,m,t} , \quad (5-6.)$$

és

$$(1 - \alpha_{i,m}) VA_{i,m,t} = r_{i,m,t} K_{i,m,t} , \quad (5-7.)$$

amely egyenletpárból meghatározható az optimális tőke/munka arány $k_{i,m,t}$:

$$\frac{w_{i,m,t} L_{i,m,t}}{\alpha_{i,m}} = \frac{r_{i,m,t} K_{i,m,t}}{1 - \alpha_{i,m}} , \quad (5-8.)$$

azaz

$$k_{i,m,t} = \frac{K_{i,m,t}}{L_{i,m,t}} = \frac{w_{i,m,t} (1 - \alpha_{i,m})}{r_{i,m,t} \alpha_{i,m}} . \quad (5-9.)$$

A (5-8.) egyenlet bal és jobb oldala egyaránt ugyanazt a (*VA*) hozzáadott értéket fejezi ki, következésképpen egymással is egyenlők. Ezt átrendezve felírható az adott régió adott szektorára jellemző (*k*) tőke/munka arány (5-9.) egyenlete, amely az időben is változhat, egyik időperiódusról a másikra.

Kifejezve az (5-4.) egyenletből az (*Y*) kibocsátást, majd a tört számlálójába behelyettesítve (5-8.) bal oldalát, a nevezőbe pedig az (5-5.) egyenlet szerint definiált árfüggvényt, felírható a termelési függvény explicit alakja:

$$Y_{i,m,t} = \frac{VA_{i,m,t}}{q_{i,m,t}} = \frac{wL}{\alpha} \cdot \frac{TFP \cdot \alpha^\alpha (1-\alpha)^{1-\alpha}}{w^\alpha r^{1-\alpha}} = TFP \cdot L \left[\frac{w(1-\alpha)}{r\alpha} \right]^{1-\alpha} . \quad (5-10.)$$

Az (5-10.) egyenlet végén, a szögletes zárójelen belül az optimális tőke/munka arány található, azaz figyelembe véve az (5-9.) egyenletet:

$$Y_{i,m,t} = TFP_{i,m,t} L_{i,m,t} \left[\frac{K_{i,m,t}}{L_{i,m,t}} \right]^{1-\alpha_{i,m}} = TFP_{i,m,t} L_{i,m,t}^{\alpha_{i,m}} K_{i,m,t}^{1-\alpha_{i,m}} . \quad (5-11.)$$

A Cobb-Douglas termelési függvény adódik eredményül. Fontos tartom ehelyütt ezt az összefüggést kiemelni, miszerint mindössze az (5-5.) szerinti árfüggvény és a munka/tőke jövedelemaránya elegendő ahhoz, hogy a szóban forgó feltételekből a termelési függvény levezethető legyen. Nem szükséges tehát a modell egyenletrendszerében a termelési függvényt külön felírni, mert az következik az előző egyenletekből.

Megfordítva a kérdést, vajon ha a termelési függvény lenne elsődlegesen definiálva a modellen belül, akkor ebből következne-e a többi összefüggés, különösképpen az (5-5.) szerinti árfüggvény? Ennek igazolására kiindulópontnak tekinthető a (5-11.) szerinti termelési függvény, amely alapján a vállalatoknak adott Y kibocsátást kell teljesíteniük minimális költség mellett. A költségfüggvénybe behelyettesítve a termelési függvény átrendezésével kapott L -et és K -t:

$$\begin{aligned} C &= wL + rK = w \frac{Y}{TFP} \left(\frac{K}{L} \right)^{\alpha-1} + r \frac{Y}{TFP} \left(\frac{K}{L} \right)^{\alpha} = \\ &= w \frac{Y}{TFP} k^{\alpha-1} + r \frac{Y}{TFP} k^{\alpha} \end{aligned} \quad (5-12.)$$

A kérdés, hogy milyen (k) tőke/munka arány mellett lesz az összköltség minimális. Az összköltség függvény minimumhelyét a tőke/munka szerinti aránnyal való deriválással határozzuk meg:

$$\begin{aligned} \frac{dC}{dk} &= w \frac{Y}{TFP} (\alpha-1) k^{\alpha-2} + r \frac{Y}{TFP} \alpha k^{\alpha-1} = \\ &= \frac{Y}{TFP} k^{\alpha-1} \left[\frac{w(\alpha-1)}{k} + r\alpha \right] = 0 \end{aligned} \quad (5-13.)$$

amelyből:

$$k = \frac{w(1-\alpha)}{r\alpha} \quad (5-14.)$$

Ez ugyanaz, mint az (5-9.), vagyis a költségminimalizáló vállalatok viselkedéséből következik az ezzel ekvivalens (5-8.) összefüggés is, továbbá a munkának és a tőkének a jövedelemhez való hozzájárulása (5-6.) és (5-7.) szerinti alakja is.

Kifejezve a hozzáadott érték (2) szerinti definíciójából az árat:

$$q = \frac{VA}{Y} = \frac{wL\alpha^{-1}}{TFP \cdot L^{\alpha} K^{1-\alpha}} = \frac{w\alpha^{-1} \left(\frac{L}{K} \right)^{1-\alpha}}{TFP} = \frac{w\alpha^{-1} \left(\frac{1}{k} \right)^{1-\alpha}}{TFP} \quad (5-15.)$$

Felhasználva az (5-14.) szerinti optimális tőke/munka arányt, az árfüggvény:

$$q = \frac{w\alpha^{-1} \left[\frac{r\alpha}{w(1-\alpha)} \right]^{1-\alpha}}{TFP} = \frac{w^{\alpha} r^{1-\alpha}}{TFP \cdot \alpha^{\alpha} (1-\alpha)^{1-\alpha}} \quad (5-16.)$$

Pontosan ugyanazt az eredményt adja, ahogyan az (5-5.) egyenletben szerepelt. (Q.E.D.)³⁰

A konklúzió szerint a költségminimalizáló vállalatok Cobb-Douglas termelési függvénye ekvivalens az (5-5.) szerinti árfüggvénnyel, figyelembe véve ez utóbbihoz az α paramétert, mint a munka hozzájárulását a hozzáadott értékhez. Mindegy, hogy az előbbi vagy az utóbbi kerül a modellbe explicit módon. Ha a termelési függvény kerül definiálásra, akkor a költségminimalizáló feltétel miatt a jövedelmek megoszlása és az árfüggvény teljesül automatikusan. Ha pedig az (5-5.) szerinti árfüggvény szerepel a modellben elsődlegesen, akkor ebből a Cobb-Douglas termelési függvény vezethető le, vagyis ez utóbbi akkor is beleértendő a modellbe, ha nem került külön felírásra.

Amennyiben rögzített tőkeköltség, munkabér és árak mellett adott kibocsátás elérése a cél, akkor az (5-6.) és (5-7.) egyenletek meghatározzák a munka és a tőke, mint termelési tényezők iránti keresletet. Az alábbiakban a keresleti oldalt meghatározó egyenletek ismertetése következik.

5.1.2. A termék keresleti függvények

Homogén preferenciákkal rendelkező háztartásokat, (egyéneket) feltételezve, az 1 főre eső fogyasztások, és az egységnyi munkaerőre jutó lakásállomány alapján az adott területi egységben a hasznossági függvény:

$$u_i = \alpha'_h \ln \left[\frac{H_i}{\sum_{m=1}^M L_{i,m}} \right] + \sum_{m=1}^M \beta_m \ln \left[\frac{X_{i,m}}{N_i} \right], \quad (5-17.)$$

ahol N_i az i területi egység népessége (fő), H_i pedig ugyanitt a lakásállomány³¹.

A háztartások haszonmaximalizálása az alábbi (egyéni) költségvetési korlát figyelembe vételével történik:

$$\frac{\sum_{m=1}^M w_{i,m} L_{i,m}}{N_i} + \frac{\sum_{j=1}^I \sum_{m=1}^M r_{j,m} K_{j,m}}{\sum_{j=1}^I N_j} = \sum_{m=1}^M \pi_{i,m} \frac{X_{i,m}}{N_i}. \quad (5-18.)$$

Ennek a szélsőérték feladatnak a megoldása vezet a végtermékek iránti keresleti függvényhez. A j -edik területi egység összességében az m -edik szektor által előállított javak vásárlására

³⁰ Quod erat demonstrandum. (Latin: "Ami bizonyítandó volt.")

³¹ Az α'_h a Cobb-Douglas hasznossági függvényben a „housing” rugalmassági paramétere: $\alpha'_h = 1 - \sum_{m=1}^M \beta_m$.

$X_{j,m}\pi_{j,m}$ kiadást eszközöl, ahol $X_{j,m}$ a teljes keresett mennyiség, $\pi_{j,m}$ pedig egyfajta átlagos (szállítási költséget is tartalmazó, C.I.F.) ár, azaz árindex. Az adott területi egységen belül a háztartások összessége rendelkezik bizonyos mennyiségű elkölthető jövedelemmel, amelyet β_m arányokban költenek el az M darab szektor termékei között.

Ennek megfelelően az aggregált keresleti függvény:

$$X_{j,m0} = \frac{\beta_{m0}}{\sum_{m1=1}^M \beta_{m1}} \left\{ \frac{N_j}{\sum_{i1=1}^I N_{i1}} \left[\sum_{i2=1}^I \sum_{m2=1}^M (1 - \alpha_{i2,m2}) VA_{i2,m2} \right] + \sum_{m3=1}^M \alpha_{j,m3} VA_{j,m3} \right\} \pi_{j,m0} \quad (5-19.)$$

A külső kapcsos zárójelen belül a régió háztartásai által elkölthető összes jövedelem található. Az egyszerűbbel, azaz hátulról kezdve, a kéttagú összeg jobb oldala a régió szektoraiban képződő összes bérjödelmet tartalmazza. A baloldali, kissé összetettebb tag a tőkejövedelmeket jelenti, a szögletes zárójelen belül azonban a teljes, azaz nemzeti szintű tőkejövedelem összegzése található. Ebből részesedik a régió a népességszámának arányában. Ez a megközelítésmód azt feltételezi, hogy szemben a bérjödelmekkel (amelyek csak a régióon belülről származhatnak), a tőkejövedelmek esetében az adott régió háztartásai a pénzügyi közvetítőrendszeren keresztül más régiókban is befektethetnek, vagyis onnan is származhat tőkejövedelmük. Egyszerűsítő feltevés a népesség arányában való osztozkodás, amely könnyen kezelhetővé teszi a tőkejövedelmek áramlását, eltekint azonban a régiók közötti vagyoni különbségektől.

5.1.3. Egyensúly a végtermék piacokon

A régiók közötti kereskedelmet a 4.3.3. fejezetben bemutatott kétrégiós példa 20 darab régióra való kiterjesztésével végezzük el. „A területi egységek között verseny van, amelyben mindegyik régió, térség részt vesz, ha akar, ha nem.” (Lengyel 2010. 140. oldal) Ez alól nem képeznek kivételt a saját piacai sem, amelyeken szintén versenyezni kell a többi régióból beszállításra kerülő termékekkel, de ugyanakkor lehetőség van más régiók piacain is értékesíteni. Az összes régió (beleértve az önmagába történő szállítást is) részesedését az egy adott j -edik régióba irányuló kereskedelemről az $s_{ij,m}$ arányszámok reprezentálják, amelyet a kiinduló régió szerint összegezve megkapjuk a célrégióba történő összes beszállítást, következésképpen az arányszámok összege egységnyi:

$$\sum_{i=1}^I s_{ij,m} = 1 \quad (5-20.)$$

Mivel minden egyes ágazatban az összes lehetséges régió-régió kapcsolati párra meg kell állapítani a beszállítási arányokat, vagyis összesen $20 \cdot 20 \cdot 4 = 1600$ darab ilyen $s_{ij,m}$

arányszámot kell meghatározni. Ezek segítségével bármely régióban, minden egyes ágazat esetén külön-külön kiszámítható a fogyasztói árindex:

$$\pi_{j,m} = \sum_{i=1}^I q_{i,m} (1 + \tau_{ij,m}) s_{ij,m} . \quad (5-21.)$$

Az i -edik régióban az m -edik ágazatunk összes bevételének meghatározásához azt kell átgondolnunk, hogy az összes többi $j=1..I$ régióban értékesíthetjük az előállított javakat. A j region piacán mennyiségi mértékegységben kifejezve $s_{ij,m}$ arányban részesedünk, ennek megfelelően az általunk a j -edik régióban értékesített mennyiség: $X_{j,m} s_{ij,m}$. Ugyanakkor különböző $q_{i,m}(1+\tau_{ij,m})$ árakon történik ez az értékesítés a különböző célrégiókban, annak ellenére, hogy a kiinduló $q_{i,m}$ ár ugyanaz volt. A szóban forgó i -edik régióknak összes bevétele tehát az m -edik szektor esetében:

$$VA_{i,m} = \sum_{j=1}^I X_{j,m} s_{ij,m} q_{i,m} (1 + \tau_{ij,m}) , \quad (5-22.)$$

amely bevétel egyensúly esetén megegyezik az ágazatban előállított hozzáadott értékkel.

Az $s_{ij,m}$ arányszámok alkalmasak arra, hogy a definíciójában meghatározott követelmények teljesülése esetén keresleti függvényként használjuk. Ennek többféle megvalósítási módja lehetséges, lehetne például valószínűségi függvényekkel modellezni (Koike–Thissen 2004). Számos változatot kipróbáltam, amelyek közül a könnyebb kezelhetőség, a modell megoldhatósága és stabilitása szempontjából a konstans helyettesítési rugalmasságú (CES) függvény tűnt a legcélravezetőbbnek:

$$s_{ij,m} = \gamma_{ji,m} \left[\frac{(1 + \tau_{ij,m}) q_{i,m}}{\pi_{j,m}} \right]^{-\mu} , \quad (5-23.)$$

ahol a nevezőben szereplő árindex:

$$\pi_{j,m} = \left\{ \sum_{i=1}^I \gamma_{ji,m} [(1 + \tau_{ij,m}) q_{i,m}]^{1-\mu} \right\}^{\frac{1}{1-\mu}} , \quad (5-24.)$$

ahol a μ a CES függvény rugalmassági paramétere, a γ -k pedig a részesedési paraméterek. A μ -t ökonometriai becsléssel a γ -kat pedig a modellnek a valós adatokhoz való illesztése során kalibrálással határoztuk meg. Matematikai úton bizonyítható, hogy az (5-) egyenletben a CES függvényvel kiszámított árindex ekvivalens az (5-) egyenletben definiált súlyozott átlaggárral.

5.1.4. Egyensúly a tényező- és termék piacokon

Az tényezőpiacok egyensúlykeresése révén történik a modell általános egyensúlyra való megoldása. Technikai szempontból többféle megoldáskereső algoritmust (Newton érintő

módszere, GAMS, Matlab stb. szoftverekbe beépített “solver”-ek stb.) használhatunk, mindegyik esetben ugyanaz a feladat, azaz 20×4 bér (w) és 20×4 tőkejövedelem (r) egyensúlyi értékét kell meghatározni. Az algoritmus mindaddig keresi a megoldást, amíg a tőke- és a munkapiacokon minden régióban és minden szektorban egyensúly lesz, vagyis a keresett mennyiségek megegyeznek a (rövidtávon rögzített) kínált mennyiségekkel.

Belátható, hogy az inputpiacok egyensúlya esetén a végtermék piacok is automatikusan egyensúlyba kerülnek. Az (5-2.) és (5-3.) egyenletek (5-6.) és (5-7.) egyenletekké alakítása után könnyen belátható az is, hogy az egyensúlyi w -k és r -ek mellett minden szektorban érvényesül a regionális jövedelmek összegének és a létrehozott hozzáadott értéknek az egyenlősége.

Amennyiben (5-22.), (5-6.) és (5-7.) teljesül minden szektorra az összes régióban, akkor könnyen igazolható, hogy ebben az esetben az egész gazdaságra érvényes a tényezőjövedelmek és a fogyasztási javak iránti kereslet egyezősége.

5.2. Hosszú távú egyensúly

A rövid távú (regionális) egyensúlyok nem feltétlenül jelentik azt, hogy az egész gazdaság egyensúlyban van. A régiók közötti hasznosság-különbségek munka migrációt indukálnak, melyet a tőke interregionális mozgása követ. „Minél nagyobbak a felismerhető interregionális hasznosságkülönbségek, annál nagyobb a térbeli mobilitás valószínűsége.” (Lengyel–Rechnitzer 2004. 204. oldal)

A munkaerő vándorlását egyik régióból a másik régióba tehát a hasznosságbeli különbségek vezérik, modellünkben az alábbi migrációs egyenlet szerint:

$$\mathbf{L}_{i,t+1} = \left(\mathbf{L}_{i,t} - \phi \frac{\sum_{i=1}^I \mathbf{L}_{i,t}}{I} + \frac{e^{\theta(u_{i,t} + c_i)}}{\sum_{i=1}^I e^{\theta(u_{i,t} + c_i)}} \phi \sum_{i=1}^I \mathbf{L}_{i,t} \right) G_{t,t+1} . \quad (5-25.)$$

A vastagon szedett (m index nélküli) L szimbólummal a regionális szintű munkaerő állományt jelöltem, amely az adott régió belüli szektorok munkaerő állományának összegzéséből állítható elő:

$$\mathbf{L}_{i,t} = \sum_{m=1}^M L_{i,m,t} . \quad (5-26.)$$

A $G_{t,t+1}$ a munkaállomány nemzeti szintű növekedését (vagy csökkenését) kifejező tényező, amely a regionális modell szempontjából külső adottság. Ha értéke 1, akkor nemzeti szinten nincs változás, vagyis a regionális értékek megváltozását csakis a zérusösszegű migráció okozhatja:

$$G_{t,t+1} = \frac{\sum_{i=1}^I L_{i,t+1}}{\sum_{i=1}^I L_{i,t}} . \quad (5-27.)$$

A Φ és a θ az áramlás sebességét, ill. erősségét jellemző paraméterek. A c_i migrációs konstansok kalibrálása oly módon történik, hogy a kezdeti időperiódus végén, vagyis a rövid távú egyensúly kialakulását követően ne legyen a régiók között migráció, azaz $u_{i,t} + c_i = 1$ mindenhol³².

Az átlagos amortizációs rátát δ -val jelölve, továbbá feltételezve ennek időbeli állandóságát, a következő időperiódus nemzetgazdasági szintű tőkeállománya az alábbiak szerint számítható ki:

$$\mathbf{K}_{t+1} = (1 - \delta)\mathbf{K}_t + \sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M I_{i,m,t} . \quad (5-28.)$$

Az (5-28.) egyenletben az $\mathbf{INV}_t = \sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M I_{i,m,t}$ nemzetgazdasági összes beruházást nem az SCGE modell belső dinamikájából vezettük le, hanem exogén módon a makromodellből vesszük át ennek országos értékét.

A hosszú távon értelmezett egyensúly nem feltétlenül következik be a modell számára megadott időperiódus korlátán belül. Mindössze annyit állíthatunk, hogy a „magára hagyott” rendszer első közelítésben (eltekintve a sokkuktól és az agglomerációs hatásoktól) ennek az állapotnak az irányába mozog. A scenárió-ban ugyanakkor folyamatos sokkok érik, amelyek eltérítő hatása erősebb lehet az e nélkül értelmezett, az egyensúly irányába történő elmozdulásnál. Tisztán neoklasszikus szemléletű modellnél előfordulhat, hogy a szabadon áramló „footlose” tényezők miatt a hosszú távú egyensúly megfelelően hosszú (ez lehet akár száz év is) időintervallum alkalmazása esetén beáll. A modellünkben azonban a koncentrációs tendenciák is érvényesülhetnek, amelyek erősségétől függően akár a neoklasszikus modelleknél megszokott egyensúlyi állapottól nagyon különböző irányba mozoghat a rendszer. A beavatkozások létrejövő sokkok valamint agglomerációs hatások mechanizmusáról az alábbiakban lesz szó.

³² Nem szükséges az 1 érték előírása, mindössze már annyi is elegendő, hogy az $u_{i,t} + c_i$ értékek egyenlők legyenek. Belátható, hogy ha bármilyen értéket is vesznek fel, de ezek egyenlők, akkor ez a (5-28.) alkalmazása esetén ekvivalens azzal, mintha mindegyiknek az értéke 1 lenne.

5.2.1. A fejlesztéspolitikai beavatkozások hatásmechanizmusa

A GMR modell a regionális fejlesztéspolitikai beavatkozásokat három osztályba sorolja: infrastruktúra-fejlesztés, oktatás- és K+F támogatások. Az egyes instrumentumok várható termelékenységi hatását a TFP-modell becsli. A beavatkozás eredményeként megváltozott $TFP_{i,m,t}$ értékeket a következő egyenlet csatornázza az SCGE modellbe:

$$TFP_{i,m,t} = TFPSHARE_{i,m} (1 + TFPGROWTH)^t \cdot (1 + TFPSHARE_{i,m} \cdot TFPSHOCK_{i,m,t}) \omega_i A' \left(\sum_{m=1}^M L_{i,m,t} \right)^\gamma, \quad (5-29.)$$

ahol az A' és a γ regresszió-számítással becsült paraméterek, valamint a modell illesztése érdekében az ω_i értékeket úgy kapjuk, hogy a loglineáris regresszió maradéktagjainak e -ad hatványát vesszük. A $TFPSHARE$ az adott területi egységen belül a szektorok közötti termelékenységi különbségeket jeleníti meg, a $TFPGROWTH$ pedig a sokkok nélküli, állandó termelékenységbeli növekedési ütemet jelenti.

Az (5-29.) összefüggés, az „úgynevezett” TFP egyenlet alapján levonhatjuk azt a következtetést, hogy a modellünk megfelel az „új gazdaságföldrajz” azon alapelveinek, miszerint a gazdasági tevékenységek térbeli koncentrációjának magyarázata nem lehetséges az állandó skáláhozadék alapján, ehhez mindenképpen a növekvő skáláhozadék modellezése szükséges. Az (5-1.) egyenletben felírt termelési függvényünk látszólag azt sugallja, hogy állandó skáláhozadékkal dolgoztunk, mivel a munka és a tőke rugalmassági paramétereinek az összege: $\alpha + (1-\alpha) = 1$. Ha nem a változóként kezelt, teljes tényezőtermelékenységgel kiegészített, hanem a hagyományos Cobb-Douglas formulát értelmeznénk, akkor ez valóban így is lenne. Vegyük azonban észre, hogy a TFP egyenlet nem független a munkaerő regionális koncentrációjától, vagyis ha növekszik a munka, mint termelési tényező állománya, akkor ez nemcsak a tényező rugalmassági együtthatón keresztül növeli a kibocsátást, hanem közvetve a megnövekedett teljes tényező termelékenység is érezteti a hatását az output változásában. A gazdasági tevékenységek, és ezen belül (főleg a magasan kvalifikált) munkaerő koncentrációjának olyan pozitív agglomerációs hatásokat indukál, amelyek lehetővé teszik a növekvő skáláhozadék kialakulását a régióban működő ágazatok számára. Ennek értelmében a modellünk kielégíti az „új gazdaságföldrajz” növekvő skáláhozadéokra értelmezett kritériumát.

Az SCGE modell statikus konstrukció, a dinamikus hatásokat kívülről kell kapnia. A beavatkozások eredményeként adódó tőke és munka növekedés országos értékeit a makroökonómiai modell számítja ki. A megnövekedett L és K értékek regionális szétosztásának mechanizmusát az 5.2.2. alfejezetben mutatom be³³.

³³ A GMR három rész-modelljének összehangolását Varga (2007) ismerteti részletesen.

A TFP beavatkozások eredményeként adódó regionális hatások a következőképpen követik egymást:

1. A rövid távú hatás abban a régióban, ahol a beavatkozás megtörtént, a következőképpen alakul. Ceteris paribus, a TFP növekedés az alacsonyabb egységköltség miatt, változatlan kereslet mellett, csökkentené az L és a K keresletét (helyettesítési hatás). A TFP növekedés viszont árcsökkenést is lehetővé tesz, ami az egyensúlyi keresett mennyiséget megnöveli (output hatás) és pozitív változást indukál az inputkeresletben is. A két hatás eredőjeként az L és K iránti kereslet nőhet is, de csökkenhet is. Az árcsökkenés növeli a regionális vásárlásokat is az adott termékből, aminek pozitív hatása lesz a regionális hasznossági szintre.

2. A megnövekedett hasznossági szint eredményeként munka és tőke migráció indul el a régió irányába. A munka migrációja (a regionális foglalkoztatás növekedése eredményeként) mind a pozitív, a TFP-n keresztül érvényesülő, lásd az (5-29.) egyenletet, mind a negatív, a lakáspiacon keresztül érvényesülő és a hasznossági függvényben megjelenő, lásd az (5-17.) egyenletet, agglomerációs hatásokat erősíti. Ezek eredményeként a TFP további változásokon mehet keresztül, ami újra hatással lehet a hasznossági szintre és az ezt követő migrációs mozgásokra.

3. A folyamat végén a modell ágazati szinten megmutatja a hozzáadott értékben, foglalkoztatottságban és bérekben várható hatásokat nemcsak abban a régióban, ahol a beavatkozás megtörtént, hanem az összes régióban.

5.2.2. Az exogén tényezőnövekedési dinamika regionális szétosztása az SCGE modellben

A regionális folyamatok szimulációját a GMR rendszerben az SCGE rész-modell végzi. A térbeli számszerűsített általános egyensúlyi modellek általában rendelkeznek belső dinamikával, és ez elviekben igaz ebben az esetben is. A GMR részeként azonban a régiók növekedésére nem ezt az endogén időbeli változást használjuk, hanem kiindulunk a GMR másik rész-modelljének, a makromodellnek az eredményeiből. Az SCGE szerepe a GMR részeként a dinamika szempontjából, hogy a makromodell által szolgáltatott növekedési adatokat szétosztja a régiók között.

A regionális modell szempontjából exogénnek tekinthető országos munkaerő-állomány növekedési adat a mi felfogásunkban elvileg három különböző módon osztható szét a megyék között:

- a régiók méretének arányában (triviális eset), módosítva a migrációs folyamatokkal,
- az időbeli növekmény szétosztása a beavatkozás mértékének függvényében (a baseline futtatások számára)

- a scenario futtatások esetében a baseline-hoz viszonyított növekmény szétosztása a beavatkozás mértékének függvényében.

A beavatkozás hatásának mérésére a *TFP* változását használjuk. Ez az időbeli szétosztás esetében adott két periódus közötti *TFP* változást jelent, a scenario-nál pedig a baseline-hoz viszonyított *TFP* változást.

5.2.2.1. Egyenletes szétosztás, a régiók méretének arányában

A migrációs egyenletből következik, hogy ha a modell eredeti változatát alkalmazzuk, akkor az (5-27.) összefüggés miatt a munkaerő növekmény a régiók méretének arányában kerül szétosztásra, ami azt jelenti, hogy ha eltekintենek a migrációs hatásoktól, akkor minden megyében ugyanakkora százalékkal növekedne az L_i . Ugyanakkor időszakról időszakra a munka, mint termelési tényező áramlását is figyelembe kell vennünk, amelyet az (5-25.) migrációs egyenlet alapján határoztunk meg. Jelöljük L_N -nel a nemzetgazdasági szintű munkaerő-állományt $\sum_i L_{i,t} = L_{N,t}$ és végezzük el a szükséges kiemelést:

$$\mathbf{L}_{i,t+1} = \left\{ \mathbf{L}_{i,t} + \left(\frac{e^{\theta(u_{i,t}+c_i)}}{\sum_{i=1}^I e^{\theta(u_{i,t}+c_i)}} - \frac{1}{I} \right) \phi \mathbf{L}_{N,t} \right\} G_{i,t+1}, \quad (5-30.)$$

ahol $i=1..I$ a régió indexe, $t=0..T$ pedig az időperiódus indexe, következésképpen $L_{i,t}$ az i -edik régió munkaerő-állományát jelenti a t -edik évben.

Az egyenletnek ezen az alakján jól látszik, hogy ha nincs migráció (a hasznossági szintek az e kitevőjében minden régióba ugyanazok, így a belső zárójelben található kifejezés értéke nulla), akkor a triviális szétosztás alapján minden régióban a munkaerő-állomány pontosan a G -szeresére növekszik. Ez az eljárás azt feltételezi, hogy a gazdaság fejlődése következtében létrejövő új munkahelyek minden régióban hasonlóképpen pozitívan hatnak, függetlenül attól, hogy korábban milyen különbségek léteztek a foglalkoztatottsági szint alapján. Első lépésben az eltéréseket mindössze a régiók méretbeli különbségei okozzák, illetve ezt követően a rövid távú egyensúly alapján kialakuló, régióként különböző bérjövödelmek közvetve hatnak a munkaerő vándorlására, amely a későbbiekben módosítani fogja ezt az elsődleges szétosztást.

A modellnek az eredeti, legelső változata, ezt a migrációval módosított arányos szétosztást tartalmazta. Ennek a módszernek az előnye az egyszerűsége és emiatt a gyors számítási algoritmus, ugyanakkor már első közelítésre is elég jó eredményeket ad, hiszen az egyensúlyi állapotoktól való jelentős eltéréseket a migrációs folyamatok korrigálják.

5.2.2.2. Az időbeli változás szétoztása a beavatkozás mértékétől függően

Definiáljuk az országos rugalmassági tényezőt a munkaerő és a TFP összefüggésében:

$$E_{t+1/t} = \frac{\Delta L}{L} : \frac{\Delta TFP}{TFP}, \quad (5-31.)$$

amely rugalmassági tényező megmutatja, hogy országos szinten a TFP évi 1%-os növekedése a munkaerő-állomány $E_{t+1/t}$ százalékos éves növekedését váltja ki. A $t+1$ és a t az időperiódusokat jelölik.

Ekkor a baseline-ban az időbeli munkaerő-, illetve beruházás növekmény szétoztása a régiók között az alábbiak szerint történik:

$$\frac{\Delta L_i}{L_i} = E_{t+1/t} \frac{\Delta TFP_i}{TFP_i}, \quad (5-32.)$$

amelyből:

$$\frac{L_{i,t+1}}{L_{i,t}} = 1 + E_{t+1/t} \frac{TFP_{i,t+1} - TFP_{i,t}}{TFP_{i,t}}. \quad (5-33.)$$

Ez a szétoztás figyelembe veszi azt is, hogy a területileg és az időben egyaránt különböző TFP növekedések eltérő módon hatnak a megyékre, vagyis ahol nagyobb a beavatkozás mértéke, ott nagyobb arányban, azaz nagyobb százalékban fog növekedni a munkaerő. Speciális esetben, ha nincs beavatkozás, vagyis a TFP minden régióban ugyanolyan mértékben növekszik, akkor ez az időbeli változás alapján történő szétoztás ugyanazt fogja eredményezni, mint a 5.2.2.1. eset, következésképpen a munkaerő növekménye a régiók (a munkaerőállomány természetes mértékegységében kifejezett) méretének arányában kerül szétoztásra. Ha azonban van beavatkozás, akkor ez az 5.2.2.2. módszer az 5.2.2.1. pontosításaként fogható fel, precízebb eredményeket ad a munkaerő regionális megoszlására vonatkozóan, hiszen nem csak „ex post” a migrációra bízva a munka kínálatának igazodását, hanem „ex ante” is figyelembe veszi a kínálati oldal eltérő alakulását a rugalmassági tényező szerint.

5.2.2.3. A scenario esetében a baseline-hoz viszonyított növekmény szétoztása a beavatkozás mértékétől függően

A scenario esetében a makroszintű változást a baseline-hoz viszonyítjuk, és ezeket a növekményeket osztjuk szét a régiókra a TFP változásban mérhető beavatkozás arányában, a rugalmassági tényező szerint (az S index a scenariót, a B pedig a baseline-t jelöli):

$$E_{S/B} = \frac{\Delta L}{L} : \frac{\Delta TFP}{TFP}. \quad (5-34.)$$

A 5.2.2.2. módszerhez hasonlóan járunk el, ellenben itt a változás definíciója alatt nem az időbeliséget, hanem a scenario és a baseline különbségét értjük:

$$\frac{\Delta L_i}{L_i} = E_{S/B} \frac{\Delta TFP_i}{TFP_i} , \quad (5-35.)$$

amelyből:

$$\frac{L_{i,S}}{L_{i,B}} = 1 + E_{S/B} \frac{TFP_{i,S} - TFP_{i,B}}{TFP_{i,B}} . \quad (5-36.)$$

Az SCGE modell bemeneti részénél nincsen külön TFP_i és ΔTFP_i adatunk, hanem összevontan a $\Delta TFP_i/TFP_i$ hányadosokról rendelkezünk információval, amelyeket a továbbiakban v_i -vel jelölünk, és a beavatkozások mérőszámainak tekintünk.³⁴ Az átlagos (országos) TFP növekedés, vagyis a $\Delta TFP/TFP$ hányados számított érték, amelyet a $\Delta TFP_i/TFP_i$ hányadosok súlyozott számtani átlagaként állítunk elő. Az (5-32.) és az (5-34.) egyenlethez az L_i -ket használjuk súlyokként az alábbiak szerint:

$$\frac{\Delta TFP}{TFP} = \bar{v} = \frac{\sum_i L_i v_i}{\sum_i L_i} . \quad (5-37.)$$

Ekkor matematikailag³⁵ bizonyítható mindkét esetre (az 5.2.2.2. és 5.2.2.3. módszerekre egyaránt), hogy:

$$1 + \bar{v} = \overline{1 + v} , \quad (5-38.)$$

továbbá:

$$1 + E\bar{v} = 1 + \overline{E v} = \overline{1 + E v} . \quad (5-39.)$$

Ez a „jó tulajdonsága” a rugalmassági tényező fenti definíciójának számos egyszerűsítési lehetőséget tesz lehetővé a modell programozásakor, amely jelentősen lerövidíti a futási időt.

Az 5.2.2.3. típusú szétosztás további előnyökkel rendelkezik az 5.2.2.2.-höz képest. Többek között biztosítja azt is, hogy a változások nem önmagában a scenario-n belül, annak egyik időszakától a másikhoz képest lesznek értelmezhetők, hanem egyértelműen a baseline-hoz viszonyított növekedésként határozhatóak meg. Ekkor (eltekintve az esetleges elvándorlástól) teljesülni fog az is, hogy a baseline-hoz igazított többlet beavatkozás, azaz pótlólagos TFP

³⁴ Azt az esetet, hogy nincsen beavatkozás, nem a $v_i=0$ értékek jellemzik, hanem valamilyen $v_i>0$ input adat, ugyanakkor igaz, hogy $v_i = v_j$ bármely i, j -re. Azaz feltételezzük, hogy van a TFP-nek egy minden régióban egyenlő „természetes” növekedési rátája, amely a beavatkozás nélkül is létrejön.

³⁵ Ezeket a bizonyításokat terjedelmi okokból nem részletelem.

növekedés mindenképpen a munkahelyek számának bővülését fogja eredményezni minden egyes régióban.

Ebben a fejezetben a GMR modell SCGE részmodelljének részletes bemutatására került sor. Mind a rövid távú, mind a hosszú távú egyensúly kialakulásának menetét szemléltettem, hangsúlyozva az egyensúlyi pont elérésének különbözőségeit. Ismertettem továbbá a fejlesztéspolitikai beavatkozások hatásmechanizmusának módját is.

A modell felépítésében követi az ÚGF térszerkezet magyarázatát abban a tekintetben, hogy a térstruktúra kialakulását a centripetális és a centrifugális erők egyensúlya határozza meg. A modellben a centripetális erőt a gazdaságpolitikai beavatkozás eredményeképpen megnövekedett TFP jelenti. A szállítási költség, illetve a lakáspiacon a termelés koncentrálódásának következményeként egyre inkább növekvő zsúfoltság képviselik a centrifugális erőket.

A következő fejezetben a modell alkalmazásának egy lehetséges példáján keresztül kívánom bemutatni a modell használhatóságát a gazdaságpolitikai döntés-előkészítésben.

6. Esettanulmányok

A gyakorlati alkalmazhatóság bizonyításának igen népszerű módja, ha az ismertetett elméleti összefüggéseket esettanulmányok készítésével próbáljuk szemléltetni. Véleményem szerint ez önmagában még nem elegendő bizonyíték, hanem az igazán meggyőző érv a tényleges hasznosítás lehet. A GMR modellt, és így értelemszerűen az ennek részeként működő SCGE modellt Magyarországon és az Európai Unióban is felhasználták már hatásvizsgálatok céljából. Igazán akkor mondható, hogy elérte a célját, ha a tényleges döntéshozatal során is jelentős súllyal, bár nyilvánvalóan nem kizárólagosan veszik figyelembe a számítógépes szimulációk eredményeit.

A szimuláció fogalmát a legegyszerűbben talán úgy definiálhatnánk, mint a vizsgált jelenség, objektum modelljén végrehajtott kísérletsorozatot (Hanyecz 1994, Gyulai és szerzőtársai 2002). Sokkal olcsóbb és kevésbé kockázatos, mint valós társadalmi-gazdasági rendszereken kísérletezgetni. Felelős politikus ez utóbbit racionálisan nem vállalhatja fel. A közösségi döntések elmélete szerint a gazdaságpolitikában résztvevő döntéshozók (törvényes eszközökkel) egyéni céljaikat is maximalizálják, ez önmagában még nem róható fel nekik bűnként. El kell ismerni a létezésüket az olyan természetes törekvéseknek, mint a hivatali pozíció védelme és erősítése, a hatalom megszerzésére és megtartására irányuló erőfeszítések, a jövedelmek és juttatások növelése, az önmaguk fontosságának hangsúlyozása, a kockázatos döntések felelősségének kerülése stb. Ezek az attitűdök a közösségi döntések elméletének mindennapos megnyilvánulásai. A kérdés mindössze annyi, hogy miként lehet az egyéni célokat egyúttal a közjó irányába is terelni, a közérdek szempontjából optimális, vagy ahhoz közeli döntéseket meghozni. Ennek egyik alkalmas eszköze lehet a döntések jövőbeli hatásainak tanulmányozása során felhasznált előzetes modellszámítások. Ez nem merülhet ki csupán abban, hogy ha valami „balul üt ki”, akkor rá lehessen fogni a „rosszak voltak a modellszámítások” felkiáltással a számítógépes szimulációra (Járosi 2006). Nem lehet mindenért a gépet okolni. Ezzel szemben a döntések mégsem „lóghatnak a levegőben”, vagyis amennyiben megfelelő modellekkel támasztják azokat alá, akkor elejét lehet venni a politikai támadásoknak, szakmai érvekkel igazolva a döntések megalapozottságát.

Az Európai Unió apparátusa nem sokra értékeli a pusztán statisztikai adatokat felvonultató, leíró jellegű, általános elveket ismételtető tanulmányokat, inkább az elméletileg és módszertanilag igényes elemzések számíthatnak elismerő fogadtatásra (Révész–Zalai 2000).

Az SCGE modell alkalmazása lényegesen hozzájárulhat az olyan erőforrás allokáció alternatívák felállításához, amelyek egyaránt szolgálják a nemzetgazdaság versenyképességének javulását, valamint a regionális különbségek mérséklését, az országon belüli területi kohézió erősítését.

„Ma már nyilvánvaló, hogy a beavatkozások nélkül a növekedés vagy a foglalkoztatási mérleg régiók közötti diszparitásai nem tüntethetők el.” (Horváth 1998, 47. oldal) A kérdés tehát nem az, hogy be kell-e avatkozni, hanem hogy milyen célok mentén, illetve milyen módszerekkel kereshetők meg a célok teljesülését leghatékonyabban segítő támogatás elosztások.

Az első esettanulmányban egy már megvalósított alkalmazás egyik lehetséges (hangsúlyozni szükséges ehelyütt, hogy nem a hivatalos verzió szerinti, hanem kitalált gondolat kísérleten alapuló) szimulációs futtatását mutatom be. A második példa egy lehetséges továbbfejlesztési irányt vázol fel, amelynek módszertani alapjai maradéktalanul kidolgozásra kerültek, a számítógépes programok az SCGE modul esetében elkészültek.

6.1. Modell-szimulációk: magyarországi növekedési pólusok

A továbbiakban fiktív példával szemléltetem a kész modellverzió alkalmazásának egy lehetséges esetét, amely korántsem meríti ki a gyakorlati felhasználások teljes körét, ugyanakkor jól érzékelteti a szimulációkban rejlő lehetőségeket és korlátokat egyaránt. A beavatkozások hatásának vizsgálata a forgatókönyv elemzés módszerén alapszik.

6.1.1. Modell-jellemzők, adatok, paraméter kalibráció

A modell jellemzőit nagyrészt a rendelkezésre álló adatok határozzák meg. Regionális szinten az információk nem olyan részletezettek, mint országosan, ehhez a helyzethez alkalmazkodni kellett a modellezés során.

Modell-jellemzők:

- a) A modell 20 magyarországi régiót³⁶ tartalmaz (megyék és Budapest).
- b) A modell 4 szektort vizsgál: mezőgazdaság (TEÁOR: A, B), ipar (TEÁOR: C, D, E, F), szolgáltatások (TEÁOR: G, H, I, J, K), közszolgáltatások (TEÁOR: L, M, N, O). Mindegyik szektort egy-egy reprezentatív vállalat jeleníti meg minden egyes régióban.
- c) Mivel a közbeeső javak mátrixa és a bruttó termelés értéke nem áll rendelkezésre regionális szinten így a modellben a regionális outputot a hozzáadott érték, az inputokat pedig a munka és a tőke méri.
- d) Cobb-Douglas típusú hasznossági és termelési függvények.

³⁶ A régió fogalom alatt most nem a „hivatalos” tervezési-statisztikai régiókat értem, hanem a modellben használt területi egységeket nevezem rövidítve régióknak. Ebben az esetben a valós viszonyokhoz való párhuzam érdekében megyéket kell gondolni alatta, ugyanakkor kissé furcsa megfogalmazás lenne megyei modellről, illetve megyei folyamatokról beszélni a regionális modell, illetve a regionális folyamatok helyett. Ennek elkerülése érdekében mindenhol régióként fogom említeni a szóban forgó 20 darab területi egységet.

- e) A gazdasági szereplők viselkedése: haszonmaximalizálás (háztartások), költségminimalizálás (vállalatok).
- f) A szállítási költségek a samuelsoni „jéghegy elv” alapján épülnek be a modellbe (vagyis az adott termékmennyiségnek adott távolságra való eljuttatási költsége a termék részarányában kerül kifejezésre).
- g) A teljes tőke mennyiség a háztartások tulajdonát képezi.
- h) A háztartások száma rögzített rövidtávon.
- i) A lakások száma rögzített a modellben.
- j) A pozitív agglomerációs hatásokat a regionális TFP értékek, a negatív agglomerációs hatásokat pedig az egy főre jutó lakásterület nagysága közelítik.

A modell megkülönböztet rövid- és hosszútávú egyensúlyt. A rövidtávú egyensúly állapotában minden régió külön-külön egyensúlyban van, viszont a régiók között különbségek vannak a hasznossági szintekben. A munka (és az azt követő tőke) migráció ezen különbségekre reagál két rövid távú állapot között. A munka és a tőke migrációja hosszú távon olyan egyensúlyhoz vezet, melyben eltűnnek a hasznossági különbségek és így a migráció is leáll.

A modell bemeneti adatai a KSH-tól származó, 2006-ra vonatkozó regionális információk: beruházás, foglalkoztatás, hozzáadott érték, lakások száma. Az érték adatokat 2005-ös árakra konvertáltuk a GMR modell-konzisztencia érdekében. A tőkeállományt a „perpetual inventory” módszerrel becsültük. A régiók közötti, iparáganként változó szállítási költségeket a TRANSMAN Kft. becsülte az út- és vasúthálózatról rendelkezésre álló információk alapján. A regionális hasznossági és termelési függvények paramétereinek kalibrálásához a nemzeti szinten rendelkezésre álló 2000-es Társadalmi Elszámolások Mátrixát használtuk kiindulásként³⁷.

6.1.2. A lehetséges forgatókönyvek

A forgatókönyv-elemzésnek megfelelően az első lépésben le kell rögzíteni a modellnek egy olyan futtatását, amely még nem tartalmazza a beavatkozásokat, ezt nevezzük „baseline”-nak. Ehhez viszonyítva vizsgálhatunk olyan „scenario”-kat, amelyek a 2007-2013 közötti programozási ciklus³⁸ EU támogatásainak különböző területi elosztásait tartalmazzák. Ezek a forgatókönyvek egymástól különböző regionális fejlődéseket, valamint makrogazdasági

³⁷ Az adatok és forrásaik részletes leírását Varga (2007) nyújtja.

³⁸ A vizsgált 7 év meglehetősen rövid időszak ahhoz, hogy jelentősebb elmozdulás történjen a területegységek rangsorában. „A jelentős támogatások ellenére az egyes tagállamokban a régiók rangsorában csak akkor következtek be változások, ha az uniós támogatások felhasználásában több évtizedes következetes strukturális politika érvényesült.” (Horváth 2010, 206. oldal) A fejezetben leírásra kerülő SCGE szimulációnak nem volt célja ilyen hosszabb távú hatások kimutatása, inkább rövid távon azoknak a minimális különbségeknek az érzékeltetése, amelyek a különböző forgatókönyvekből adódtak.

mutatókat fognak jósolni az elkövetkezendő évekre a „baseline”-hoz viszonyítva. Itt jegyeznénk meg, hogy sem a „baseline”, sem a „scenario” nem alkalmas igazán önmagában az előrejelzésre, hiszen a „minden egyéb feltétel változatlan” feltételezéssel élve mindössze azt vizsgálják, hogy miként hatnának a beavatkozások. Vagyis nem a mutatók abszolút értékei a lényegesek, hanem a relatív összehasonlítások (a scenario és a baseline között) a fontosak számunkra, mert ezek mutatják meg a beavatkozások által a rendszert ért sokkok eredőjét, eltekintve az olyan sokkoktól, amelyek nem képezik a vizsgálatunk tárgyát.

A lehetséges „scenario”-k egyik speciális esete, hogy a támogatásokat népességszám arányosan osztjuk el, ezzel összehasonlítva vizsgálhatók a koncentráltabb területi elosztást tartalmazó forgatókönyvek. A szóban forgó „egyenletes eloszlású scenario” eredményei önmagukban is érdekesek, ugyanakkor még inkább izgalmas, hogy mennyiben alakulna másképp a jövő, ha a támogatásokat bizonyos régiókra koncentrálnánk. Számos egyenlőtlen elosztást ki lehet találni, az alábbiakban ismertetett példával nem állt szándékunkban semmilyen preferenciát vagy diszpreferenciát kifejezni, mindössze egy gondolatkísérletnek tekintjük. Fel szeretnénk hívni a figyelmet arra, hogy bármilyen más ötletnek, javaslatnak a területi elosztás vonatkozásában ugyanúgy megvan a létjogosultsága, a modellünk csupán egy eszköz arra, hogy ezeknek a hatását szimulációs futtatások segítségével kipróbálhassuk.

Az általunk kitalált scenario alapötletét a növekedési (fejlődési, fejlesztési) pólusok elmélete adta, amelynek „...lényege az, hogy valamely térség fejlesztése úgy indítható el, gyorsítható fel, ha a régió egészére hatást gyakorolni képes központokat, növekedési pólusokat alakítanak ki, amelyek kisugárzó és vonzó hatásainak eredményeként az egész térség fejlődése felgyorsulhat.” (Nemes Nagy 1998, 158. oldal)

A példánkban kiválasztottunk 5 darab megyét (NUTS kód sorrendjében: Győr-Moson-Sopron, Baranya, Borsod-Abaúj-Zemplén, Hajdú-Bihar, Csongrád), akiket növekedési ellenpólusként szerepeltetünk a központi régióval szemben. Indoklásul egy idézet az NFÜ honlapjáról: „...a 2013-ig szóló középtávú országos területi célok között jelenik meg egyrészt a versenyképes budapesti metropolisz-térség megteremtése, másrészt a régiókat dinamizáló fejlesztési pólusok megerősítése és a városhálózati kapcsolatrendszer fejlesztése.”³⁹ Másrészt az Országos Területfejlesztési Konceptió meg is nevezi a növekedési pólusokat: „Hosszú távon a cél, hogy az ország a főváros mellett rendelkezzen néhány komplex fejlesztési pólussal. Jelenleg a fejlesztések középtávú idődimenziójában az ország - lakosságarányosan is meghatározó - jelentős növekedési pólusai: Debrecen, Miskolc, Szeged, Pécs, Győr.”⁴⁰ A fejlesztési társközpontokat és alközpontokat a „scenario”-ban nem vettük figyelembe annak érdekében, hogy a példánkban minél szélsőségesebben egyenlőtlen eloszlást tudjunk generálni, ezáltal a hatások is markánsabban jelenjenek meg.

³⁹ http://www.nfu.hu/polus_program_osszefoglalo Letöltés időpontja: 2009-05-25.

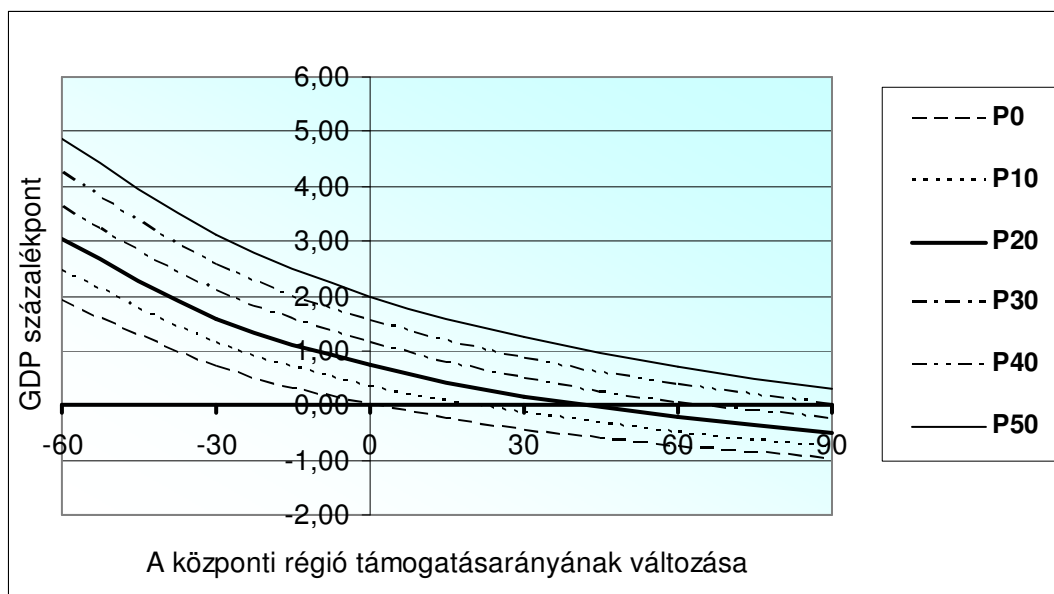
⁴⁰ Az Országos Területfejlesztési Konceptióról szóló 97/2005. (XII. 25.) Országgyűlési határozat.

A „scenario”-k megkülönböztetésére a következő jelölésrendszert alkalmaztuk. Rendre P10, P20...P50 jelöli azokat a „scenario”-kat, amelyekben az öt vidéki növekedési pólus az egyenletes elosztáshoz képest 10, 20...50 százalékkal több támogatásban részesül. Természetesen értelmezendő a P0 „scenario” is, amelyben ezek a megyék (is) a lakosság szám arányában kapják a támogatást. Ha valakiknek többet adunk egy meghatározott összegből, akkor az csak úgy lehetséges, ha másoktól elveszünk. Ez nem azt jelenti, hogy a többiek ne kapnának támogatást, hanem csak azt, hogy népességük arányához képest kevesebbet. Az öt vidéki pólusnak adott minden pótlólagos +1,00% esetén a többiektől (beleértve a központi régiót is) megközelítőleg 0,34%-ot el kell vonni, amely elvonás a pólusok +50,00%-a esetén már 16,82% elvonást jelent az összes többi 15 darab területi egység esetében, amennyiben a csökkentést egyenletesen terítjük.

A szimulációkban arra voltunk kíváncsiak, hogy mennyiben képes a szóban forgó öt megye a növekedési ellenpólus szerepét betölteni annak függvényében, hogy a központi régió (Budapest és Pest megye) az átlaghoz képest több vagy kevesebb támogatásban részesül. Ennek érdekében a központi régióra jutó támogatási arányt az alábbiak szerint változtattuk. A fent említett lecsökkentett támogatási arányhoz képest (vissza) növeltük a központi régió támogatását +30, +60 és +90 százalékkal (BPPE+30, BPPE+60, BPPE+90 scenario-k), de most már csak a többi 13 megye rovására. Az összehasonlíthatóság végett volt szükség erre a módszerre, hogy az öt növekedési ellenpólust érő sokkhatás változatlan maradjon. Ezt az értelmezési tartományt kiterjesztettük negatív irányban is (BPPE-30, BPPE-60), amely értelemszerűen azt jelenti, hogy Budapest és Pest megye az öt vidéki pólus miatt lecsökkentett támogatási arányhoz képest további 30, illetve 60 százalékos elvonást szenvednek el. Itt is értelmezhető a „nulla scenario” (BPPE0), amikor a központi régióra vonatkozó értékeket változatlanul hagytuk.

A kísérletek során arra kerestük a választ, hogy változatlan helyi sokkhatás mellett az öt ellenpólus növekedését miként befolyásolja a központi régióra vonatkozó támogatás koncentráció. Az eredmények minden területi egység esetében rendelkezésre állnak, területi korlátok miatt Baranya megye esetét szemléltetjük.

Egyenletes elosztás esetén Baranya megye 2016. évi GDP-je 2,51%-kal magasabb a „scenario”-ban mint a „baseline”-ban. Az extrém eloszlásokat ehhez az „egyenletes scenario”-hoz viszonyítottuk, és azt vizsgáltuk, hogy ehhez képest hány százalékponttal lesz magasabb vagy alacsonyabb a GDP 2016-ban.



6-1. ábra: Baranya megye 2016-os GDP-jének százalékpontos változása a támogatásarányok függvényében

Az ábrán a vastag folytonos vonallal rajzolt görbe (P20) azt jelenti, hogy hány százalékponttal lesz magasabb Baranya megye GDP-je 2016-ban, ha 20%-kal növeljük a támogatást (nem csak itt, hanem a másik négy ellenpólusnál egyaránt). A görbének a függőleges tengellyel való metszéspontja (értéke: 0,73) megmutatja, hogy hány százalékpontos ez a növekedés, ha a központi régió támogatásarányát változatlanul hagyjuk. Ugyanennek a görbének a vízszintes tengellyel való metszéspontja (a 30-60 intervallumon vett lineáris interpoláció alapján az értéke: 42,57) megmutatja, hogy a központi régió támogatásarányának +42,57% százalékos növelése okozza azt, hogy a Baranya megye +20%-os támogatásának hatását eliminálja, vagyis hogy ebben az esetben pontosan ugyanakkora lesz a növekedés Baranyában, mintha minden területi egység az egyenletes elosztást kapta volna.

A modell felépítéséből kiindulva, ehelyütt részletesebb indoklás nélkül, magyarázatként szolgálhat, hogy a központi régió támogatásának növelése egy olyan versenyképességi hatást generálhat, amely egyrészt ronthatja a termelési tényezők növekedésének feltételeit az ellenpólusokban. Olyan tendenciák figyelhetők meg a modell futtatása közben, hogy az indukált beruházások a központi régióban jobban növekednek, továbbá felerősödik a munkaerő migrációja⁴¹ is. A centrifugális erők (amelyek a modellbe is beépítésre kerültek: szállítási költség, zsúfoltság a lakáspiacon) ezen a szinten még nem elég erősek ahhoz, hogy ellensúlyozni tudják a centripetális erőket, amelyek közül ebben az esetben a legjelentősebb a TFP hatás. Másrészt az említett TFP hatás és a pozitív lokális agglomerációs externáliák következtében a központi régió termelékenysége trendszerűen javul, amely az itt található

⁴¹ A valóságban a migráció mellett az ingázás is megfigyelhető, a modellnek ebben a verziójában azonban csak a migrációt vettük figyelembe, az ingázást még nem.

vállalatokat jelentős versenyképességi előnyhöz juttatja az ellenpólusok vállalataival szemben a piac egészére nézve. A valóságban ez különösen megfigyelhető például a fejlett üzleti szolgáltatások területén (tanácsadás, marketing, jogi képviselet stb.), ahol a budapesti cégek gyakorlatilag uralják az országos piacot.

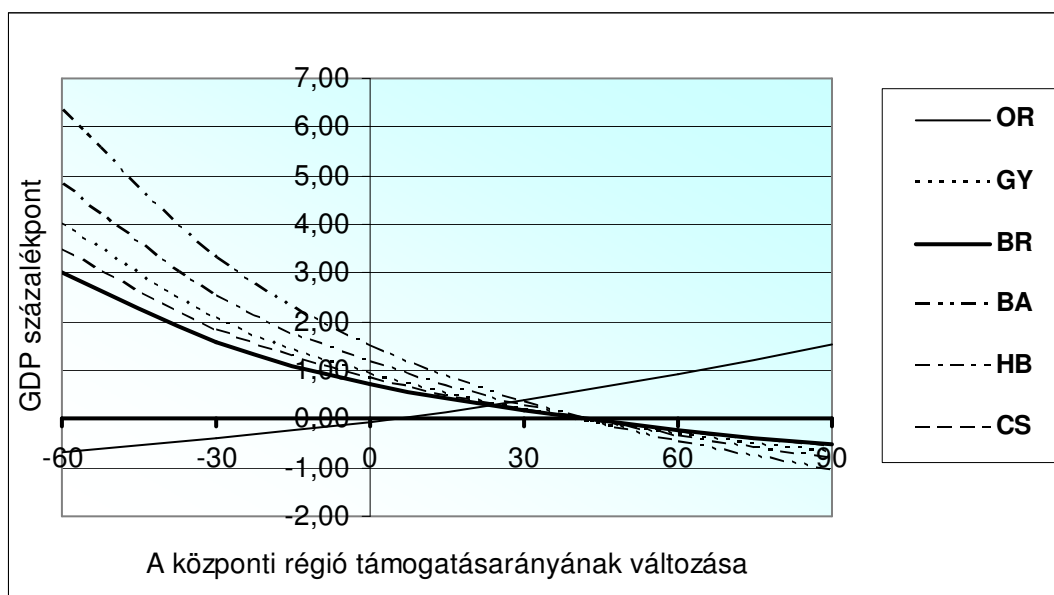
A modell területi egységei a 19 magyarországi megye (és huszadikként Budapest), amely a kissé gyengébb felbontás miatt nem képes tökéletesen valósághűen kezelni a megyéken belüli térbeli koncentrációkat, vagyis a vidéki nagyvárosokat. Emiatt lényegében szinte csak a Budapestre értelmezhető urbanizációs előnyöket lehet a szimulációk során igazán markánsan érzékelni, azokat is inkább a terciér szektorokban, a vidéki nagyvárosok lokalizációs előnyeit a feldolgozóipar esetében kevésbé. A modell elvileg alkalmas lenne az ipar lokalizációs előnyeinek kimutatására is, ehhez azonban egyrészt finomabb területi felosztásra (legalább kistérségi szintűre), másrészt az ipar több szektorra való bontására lenne szükség olyan részletezettségig, amely lehetővé tenné a megkülönböztetésüket az iparági klaszterek szerint. A gyakorlati megvalósítás során problémát jelenthet a kistérségi vagy települési szintű adatgyűjtés (GDP, foglalkoztatás, beruházások stb.) minél részletesebb szektoronkénti bontása. Az iparági klaszterek agglomerációs előnyei ilyen megközelítés és adatgyűjtés mellett kimutathatók lennének SCGE modellel is, ugyanakkor az egyes nagyvállalatok belső méretgazdaságossága az egyedi döntések esetlegessége miatt nehezen lenne modellezhető számítógépes szimulációval.

Az iparági klasztereknek a tranzakciók természetére szerinti tipizálását⁴² szintén nagyon nehéz lenne a matematikai egyenletek és a számítógépes programsorok nyelvére lefordítani. Ennek megvalósításához külön esettanulmányok készítésére lenne szükség minden egyes terület egység vonatkozásában, fel kellene deríteni a hálózati kapcsolatokat (megkockáztatom, hogy a régiók jelentős része nem sorolható egyértelműen valamilyen ideáltípusba, hanem azok valamilyen keverékeként lennének értelmezhetőek), majd ezek időbeli változásaira valamilyen dinamikus matematikai modellt kellene alkotni. Ez utóbbi probléma már igen messzire vezetne az SCGE módszertanához képest, inkább az egyes individuumok viselkedésének és a hálózat fejlődésének sztochasztikus szimulációjára hasonlítana. Az SCGE módszertan egyik előnye ugyanakkor, hogy viszonylag leegyszerűsített keretek között (matematikailag még így is meglehetősen bonyolult lesz a modell), a változókat döntően aggregáltan kezeli az egyes régiókra nézve, és így próbál meg következtetéseket levonni a külső sokkokra adott válaszokat illetően. Ez az esettanulmány ezt a fajta előzetes hatásvizsgálatot hivatott szemléltetni.

Az alábbiakban bemutatjuk mind az öt ellenpólusra, és kiegészítésként az országos GDP-re is a P20 „scenario” által generált görbéket, vagyis a 20%-os támogatásnövekedés hatását a

⁴² Az iparági klaszterek tranzakciók természetére szerinti tipizálásáról McCann (2001) ír részletesen, melyben három típust különböztet meg: tökéletes agglomeráció, iparági komplexum, társadalmi hálózat (McCann 2001).

szóban forgó öt megyében és országosan, annak függvényében, hogy a központi régió támogatásarányát a fent leírtak alapján változtatjuk.



6-2. ábra: Az öt ellenpólus és az országos GDP (2016) százalékpontos változása a központi régió támogatásarányának függvényében, az ellenpólusok +20%-os támogatásaránya esetén

A vizsgálatba bevont öt megye görbét összehasonlítva megállapítható, hogy az eliminációs pont mind az öt esetben lényegében egybeesik, vagyis minden ellenpólusnál kb. 42-43%-nál következik be az, hogy a nekik adott +20% hatását a központi régióra koncentrált pótlólagos beavatkozások eliminálják. A görbék eltérő meredeksége egyrészt a különböző erősségű agglomerációs hatások következménye, másrészt nem elhanyagolható az eltérő szállítási költségekből adódó versenyképességi hatás sem.

Külön érdekességként említhető a 6-2. ábra grafikonján feltüntetett „OR” jelzésű országos görbe, kiemelten annak az ordináta tengelytől balra eső szakasza, amely kissé meglepő következtetésre adhat okot. Azt sugallja, hogy ha a vidéki ellenpólusokat magukban foglaló megyéket a központi régiótól való forráselvonás révén akarjuk többtámogatásban részesíteni, akkor ez makrogazdasági szinten minimális mértékű növekedési veszteséget eredményezhet, legalábbis ezt mutatják a modellszámítások.

Az összhatást döntően befolyásolja, hogy milyen célokat tűz ki a gazdaságpolitika, mit vár legfőképpen a beavatkozások eredményeként. „Területfejlesztési célként nemcsak hátránymérséklést, hanem a nemzetközi versenyképesség javítását is célul lehet kitűzni.” (Enyedi 1996, 128. oldal) Erről az oldalról vizsgálva a problémát, előfordulhatnak olyan döntési helyzetek, hogy a két cél között konfliktus húzódik meg, választani szükséges a kettő között, mert az egyik csak a másik rovására preferálható. Nyilvánvaló, hogy önmagában egy

adott modell egy konkrét előrejelzése nem tekinthető perdöntőnek, de mindenesetre talán megfontolandó lehet a felvetett probléma megvitatása más szempontokból is.

Ugyanakkor jelzi a modell jelenlegi aggregáltsági szintjének a korlátait is. Gazdasági modellezésnél csomóponti régiókat kellene összehasonlítani, az adatok azonban tervezési-statisztikai területi egységre állnak rendelkezésre. A vidéki nagyvárosok vonzáskörzetét a megyénél szűkebb térségre, ezzel szemben Budapestet pedig tágabb értelemben kellene definiálni. A modell pontosításának egyik lehetősége lenne, ha nem megyékre, hanem kistérségekre értelmeznénk a területi egységeket, jobban közelítve így a csomóponti régiókat. A módszertani lehetőség erre adott, a számítógépes programok képesek az egyenlet- és változószám ilyen mértékű növekedését kezelni, a probléma inkább az adatgyűjtések során fog jelentkezni. A megyei szintű felbontással készült modell inkább az első próbálkozások közé sorolandó, idővel mindenképpen szükség lesz részletesebb területi bontás megvalósítására.

Nem lehet azonban figyelmen kívül hagyni ezt a jelzés értékű tendenciát, még ha csak korlátozottan érvényes is. A magyar nyelvű szakirodalom ma már kezdi elismerni, hogy a gazdaság térbeli folyamatait leírni képes modellek alkalmasak lehetnek a beavatkozások hatásainak számszerűsítésére, és a rendelkezésre álló fejlesztési erőforrások optimálshoz közelítő allokációjának meghatározására (Rechnitzer–Lados 2004). Valamennyi valóság tartalma mégiscsak lehet, hogy a nagyobb, fejlettebb agglomerációkban jobban hasznosulhatnak a támogatások, legalábbis az abszorpciós képesség határain belül. A feladat hosszabb távon ezeknek a hatásoknak és korlátoknak a pontosabb kimutatása lehet egyrészt „ex post” ökonometriai módszerekkel, másrészt „ex ante” modellkísérletekkel.

A centripetális erők erősségét, az agglomerációs hatásokat befolyásolja az úthálózat, amelyet most változatlanul tekintettünk. További kutatási irányt lehet az úthálózatnak olyan módosítása, amely a szállítási költség mátrixot a modellen belül megváltoztatja, átrendezve ezáltal az interregionális kereskedelmet. Erre a bővítésre most, a dolgozat keretein belül nem vállalkozunk.

A Baranya megyére felrajzolt görbék vonatkozásában megjegyezzük, hogy a fenti szimulációkban a „szállítási költség mátrix”-nak azt a verzióját alkalmaztuk, amely még nem tartalmazta az M6-M60-as autópályát. Az új vagy tervezett autópálya szakaszok figyelembe vétele a szállítási költségeket csökkentené, amely az SCGE modell egyensúlyi megoldásait megváltoztathatja, hatást gyakorolva az érintett területi egységek térbeli pozíciójára. A nemzetközi szakirodalomban gyakran találhatunk példát az SCGE modellek alkalmazására a közlekedési infrastruktúra beruházások hatásának vizsgálatára, és ez a mi modellünkkel is elvégezhető, csekély átalakítások után.

6.2. Az új vagy tervezett autópálya szakaszok hatásvizsgálata SCGE modellel

Ebben az alfejezetben egy tervezett, és a későbbiekben megvalósítandó szimuláció legfontosabb alapelemeit ismertetem. A szimuláció tényleges megvalósítására sajnálatos módon a dolgozat végső verziójának leadásáig nem volt lehetőségem, mivel az adatbázis alapjául szolgáló Google Map feltöltése az M6-M60 adataival nem történt meg.

2010. március 31-én sor került az új M6-M60 autópálya szakasz ünnepélyes átadására. Ezt megelőzően a vidéki nagyvárosok közül az országos gyorsforgalmi csatlakozás tekintetében Pécs helyzete messze a legkedvezőtlenebb volt (Erdösi 2005). Nyilvánvaló, hogy nemcsak a közlekedési elérhetőség és az Európa Kulturális Fővárosa 2010 rendezvények szempontjából, hanem a várható gazdasági hatások miatt is fontos volt ez a beruházás a város és Baranya megye számára. De vajon milyenek lesznek ezek a gazdasági hatások?

A probléma rendkívül bonyolult, amelyben nagyon sok tényezőt kellene megvizsgálni, és az esettanulmányomnak nem célja a mindenre kiterjedő hatásvizsgálat elvégzése. A gondolatkísérletnek mindössze annyi a célja, hogy megmutassa azt a lehetőséget, hogy az SCGE modell egy további vizsgálati szempontot jelenthet a várható hatások elemzésében. Ennek hangsúlyozása már csak azért is érdekes, mert a jövőbeli autópálya beruházások szempontjából, azok megvalósításának időbeli ütemezésénél célszerű lehet előzetes hatásvizsgálatokat készíteni az SCGE modellel, amely segíthet a prioritások kijelölésében, azaz melyik szakasz a fontosabb, melyiknek jelentősebbek a gazdasági hatásai nem csak az érintett régió, hanem a makrogazdaság szempontjából is.

Az SCGE modellen belül az egyik lehetséges megközelítés szerint az infrastruktúra beruházás növeli a régióban működő elsődleges tényezők termelékenységét, amelyet mint TFP sokkot közölhetünk a rendszerrel, hasonlóan ahhoz, ahogyan azt a 6.1. fejezet esetében általában, az összes területi egység vonatkozásában tettük. Ezáltal Baranya megye teljesítményében egy versenyképességi javulás következik be, amely a térbeli általános egyensúlyi helyzetet megváltoztatja, a termék- és tényezőpiacok felvesznek egy új egyensúlyi állapotot, következésképpen ez összehasonlítható lesz a korábbi alapváltozattal. Ugyanakkor nem szabad elfelejteni, hogy ez az autópálya nemcsak egyetlen megyére van hatással, hanem az elérhetőség javulásával az „erősebb” régiók, például Budapest is könnyebben hozzáférhet a baranyai piacokhoz. Ezt a kiszorító hatást a szállítási költségek csökkenésén keresztül követhetjük nyomon. Az itt jelentkező változások átgondolása előtt tesztek egy kis kitérőt az autópálya, mint infrastruktúra gazdasági jelentőségének értelmezése irányába.

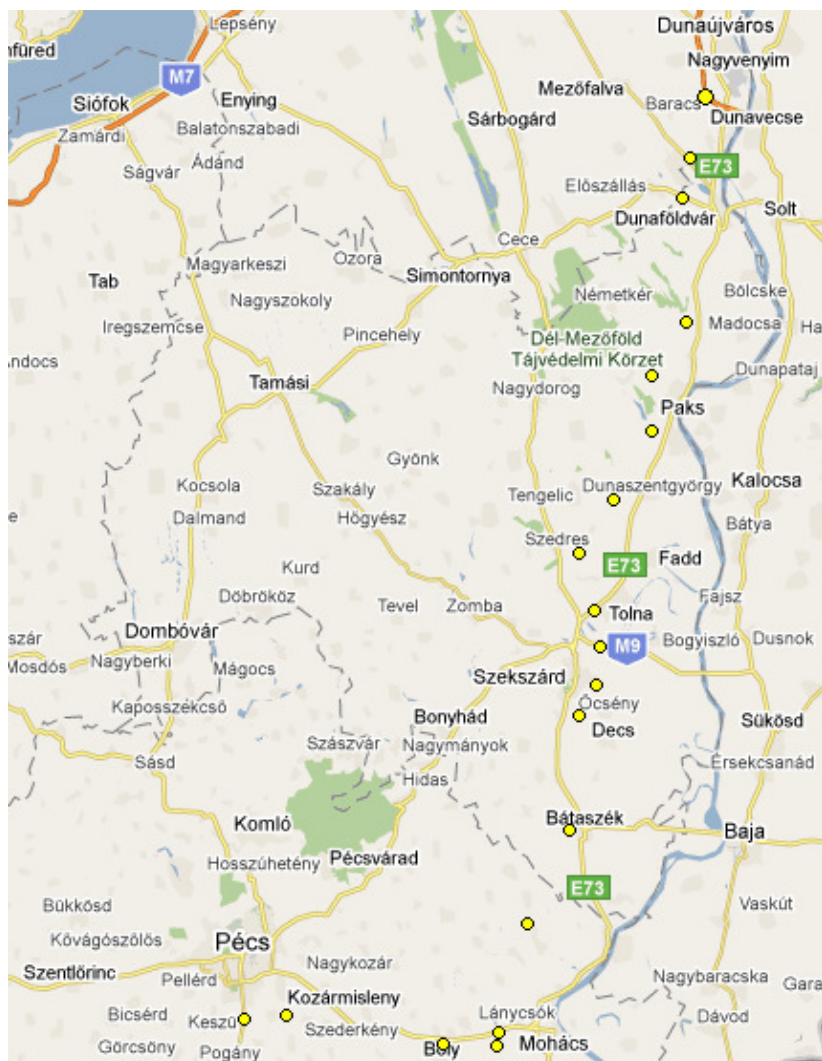
6.2.1. A vonalas infrastruktúra értelmezése csomópontok sorozataként

Mindamellet, hogy az autópályát a vonatkozó szakirodalom számos esetben vonalas infrastruktúraként is említi, a közlekedési hatásokat tekintve többnyire csomópontok

sorozataként értelmezik. Ha mint műszaki létesítményt, vagy mint a hagyományos földrajzi térképre berajzolható elemet nézzük, akkor valóban jogos a „vonalas” jelző. Ha azonban az elérhetőséget, a közúti közlekedés időtérképet, vagy ennek valamilyen matematikai reprezentációját tekintjük, akkor a vonal jelleg helyett inkább a pontsorozatként történő definiálást célszerű használni. Ennek a meghatározásnak a kiindulópontja abban a tényben rejlik, hogy az autópályán sokkal ritkábban vannak a csomópontok, a felhajtási és lehajtási lehetőségek, mint bármilyen más, alsóbb rendű közúton.

Megfordítva a gondolatmenetet, a városon belüli úthálózat esetében fel sem tűnik, hogy az valójában csak csomópontok sorozata, nem pedig egy vonal, annyira sűrűn vannak az útkereszteződések. A hagyományos országos főútvonalak esetében sem jelentős az eltérés, mert eléggé ritkán fordul elő, hogy több kilométeren keresztül nincs elágazás. Az autópályák esetében azonban egészen más a helyzet, ugyanis itt gyakran előfordul, hogy több tíz kilométer távolság van két csomópont között. Ennek szemléltetése érdekében berajoltam a „rég” térképre (amelyen még nincs feltüntetve az új szakasz nyomvonala) csak a csomópontokat, az azokat összekötő szakaszok nélkül:

A térképen jól látható, hogy vannak térségek (például Szekszárd környékén), ahol eléggé sűrűn találunk fel- és lehajtási lehetőségeket. Léteznek ugyanakkor (magyarországi viszonylatban) extrém távolságok is két szomszédos csomópont között. Az egyik ilyen a Pécs-kelet és Bóly közötti szakasz, ahol 20 km-en keresztül gyakorlatilag nincs semmi kapcsolat a külvilággal. Olyan mintha ott sem lenne az autópálya, amit kissé ironikusan úgy is elképzelhetünk, mintha valamelyik kiinduló csomóponton behajtanánk valamiféle „teleportáló” berendezésbe, ott kiválasztanánk a célállomást, és egy gombot megnyomva a kívánt csomópontra kerülnénk. Persze ehhez a művelethez hozzá kell rendelnünk valamilyen időszükségletet és költségigényt, amely függ a kiválasztott célállomástól. Minél messzebb akarunk utazni, annál nagyobb. Lényegében egész Magyarország (akár Európa) autópálya hálózata modellezhető lenne ezzel a matematikai megközelítéssel. Valójában egy gráfot kell felrajzolni, amelyben a csúcsok a csomópontokat, az élek pedig a köztük levő időt vagy költséget reprezentálják.



**6-3. ábra Az M6-M60 új szakaszának csomópontjai az összekötő vonalak nélkül
(Forrás: Google Map és IGo Database alapján saját szerkesztés)**

A szóban forgó 20 km-es szakasz közvetlen szomszédságában fekvő települések (Magyarsarlós, Hásságy, Lothárd és Birján községek) számára a negatív externáliákat leszámítva szinte teljesen mindegy, hogy ott található egészen mellettük a „betoncsík”, számukra ez az extrém közelség nem létezik, mert először el kell jutni az akár több mint 10 km-re található legközelebbi csomópontig. Leszámítva ezt a „kis kerülőt”, a szóban forgó települések „nagy távolságokból” történő elérhetősége természetesen jelentősen javul az autópálya következményeként, ugyanakkor nyilvánvalóan jobb lenne a helyzetük, ha a közvetlen közelükben is épült volna leágazás.

Az autópálya csomópontok a térben meglehetősen kis sűrűséggel helyezkednek el, amely néhány település számára az elérhetőséget sajnálatos módon valamelyest rontja, ugyanakkor módszertani szempontból a kutató egyfajta „szerencséje”, mert korlátozott számú csomópontra vonatkozó adatgyűjtéssel és ezek feldolgozásával lehetősége nyílik arra, hogy a tervezett beruházások hatását a költség- és időterek vonatkozásában előre megvizsgálja.

Az időterek vizualizációjára többféle lehetőség adódna, a hagyományos izokrón térképektől az egyszerű, valamint többdimenziós skálázással készült (az angol szakirodalomban „time-space map”-nek nevezett) időtérképekig (Dusek–Szalkai 2006). Az első két típus előnye az egyszerűségük, ugyanakkor kell egy kitüntetett pont, ahonnan az összes többi távolságot mérjük, ezért a távolságmátrixunk megjelenítésére nem alkalmas. A harmadik típus felrajzolása viszont igen nehéz grafikai feladat lenne, és néha kissé torz ábrák születnének, éppen ezért nem célom ennek megjelenítése. A mátrixon alapuló adatábrázolás matematikailag megfelel a céljainknak, a benne rejlő vizualizációs lehetőséget pedig megpróbáljuk elképzelni. A gráfelmélet esetében is igaz, hogy az eredményeit anélkül is tudjuk használni, hogy a túlságosan nagy méretű, és grafikusan szinte kezelhetetlen gráfot felrajzolnánk.

6.2.2. Az új autópálya hatása az időbeli távolságokra, egy gráfelméleti⁴³ megközelítés

Rendelkezésünkre áll Magyarország 174 kistérsége közötti, leggyorsabb útvonalon vett időbeli távolság mátrixa oly módon, hogy ezeket a kistérségi központok között kérdeztük le, még az új autópálya szakasz nélkül. Ez összesen $174 \cdot 173/2 \approx 15$ ezer darab adatot jelent, amennyiben a szimmetria tulajdonságot⁴⁴ feltételezhetjük.

Ezt a mátrix adatállomány formájában tárolt gráfot kell kiegészítenünk az új csomópontoknak megfelelő sorokkal és oszlopokkal úgy, hogy az összes kistérségi központ és a csomópontok közötti, valamint a csomópontok egymás közötti távolságát is meg kell határoznunk. A gráfelméleti definícióból kiindulva kreálunk egy „legrövidebb út” kereső algoritmust, amely figyelembe veszi az új csúcsokat és éleket is. Ez az eljárás nagy valószínűséggel fog találni olyan viszonylatokat (például Szekszárd és Dunaújváros között egészen biztosan), ahol a korábbi időszükséglethez képest hamarabb lehet megtenni az utat az új gráf-elemek használatával. Ebben az esetben írjuk felül a régi nagyobb időszükségletet az újonnan kapott értékkel. Az eljárást mindaddig ismételjük meg az összes lehetséges távolság adatra, amíg nem találunk egyetlen egy felülírandó értéket sem a teljes táblázat átvizsgálása során. Az algoritmus végül megadja azt a módosított időbeli távolság mátrixot, amelyet az eredeti adatokkal összehasonlítva megkapjuk az új autópálya hatását az időtér változására.

Kaptunk tehát 2 darab távolságmátrixot a kistérségek között, amelyeket valamilyen súlyozott átlag segítségével átszámíthatunk megyék közötti távolságokra. Kézenfekvőnek látszik a kétféle mátrixot külön-külön egymás után beépíteni az SCGE modellbe, ami lehetőséget adna a komparatív statika elvei szerinti összehasonlító elemzés elkészítésére. A megoldandó

⁴³ A közlekedési hálózatok gráf vizsgálatát javasolja tanulmányában Erdősi is (Erdősi 2002, 141. oldal).

⁴⁴ A valóságban a szimmetria elve csak korlátozottan, bizonyos megengedett néhány százalékos relatív vagy néhány percen kifejezett abszolút hibahatáron belül teljesül. A gazdasági modellezés során ez a pontosság általában elfogadható.

probléma mindössze annyi, hogy az időbeli távolságadatokat transzformálnunk kell költségadatokká.

6.2.3. Az időbeli távolságok transzformációja szállítási költségekké a közlekedési ágazat hozzáadott értéke alapján

A szállítási költségnek az időbeli távolságatok alapján történő becslése azon a feltételezésen alapszik, hogy a tér két pontja közötti költség arányos a köztük lévő út megtételéhez szükséges idővel. Ez a megközelítés nem számol a költségek távolság szerinti degresszivitásával, valamint joggal tehetjük fel a kérdést, hogy valóban olcsóbb-e a gyorsabb (kilométerekben számítva esetleg hosszabb) autópályán történő közlekedés. Ha a rövid távú költségeket nézzük, (üzemanyag, úthasználati díj stb.) akkor valóban úgy tűnik, hogy nem. Ha azonban hosszabb távon, és a rendszeres közlekedést megvalósító gazdasági szereplők, cégek termelési tényezőinek hatékony felhasználását is figyelembe vesszük, akkor változhat a megítélés. Az autópályán kisebb a kockázat (baleset, egyéb káresemények), a sofőr kevésbé fárad el, a tachográf szabályainak betartása mellett hosszabb utat tud meg megtenni, a nagy értékű járművek kisebb igénybevételnek vannak kitéve, mint egy rossz minőségű alsóbbrendű úton.

Feltételezzük, hogy az SCGE modellbe a jéghegy-elv alapján beépítendő, a szállítási költségeket kifejező $\tau_{i,j}$ paraméterek egyenesen arányosak a „kappa” szimbólummal jelölt két régió közötti időbeli távolsággal, amely alapján az (5-21.) összefüggést az alábbi alakra átalakítva fogjuk használni a továbbiakban:

$$\pi_{j,m} = \sum_{i=1}^I q_{i,m} (1 + \bar{\tau} \kappa_{i,j}) s_{ij,m} , \quad (6-1.)$$

ahol $\kappa_{i,j}$ az i-edik és j-edik régió közötti időbeli távolság, amelyen belül most nyilvánvalóan nem tudunk különbséget tenni a szektorok között.

Az index nélküli, egyfajta átlagos „tau” értékét egyelőre nem tudjuk, de valamilyen „ránézésre” elfogadható kezdeti értéket adjunk neki, és így határozzuk meg a bázisévre a modell egyensúlyi állapotát. Felírva, majd összegezve a régiók társadalmi elszámolási mátrixát, kiszámíthatjuk, hogy a szállítási ágazat hány százalékban részesedik az összes GDP-ből. Az (6-2.) képlet szerinti összegzés könnyebben elképzelhető, ha rápillantunk a 2.2.2.4. fejezetben, a 34. oldalon ismertetett 2-9. táblázat ⁴⁵ szerkezetére. Az első három sor összesen adata tartalmazza a szektoronkénti GDP-t, amely már magában foglalja a szállítási ágazat által megtermelt hozzáadott értéket is. Ez utóbbit külön megtalálhatjuk az utolsó sor összesen rovatában. Ha a regionális SAM táblázatokat egymásra helyezzük, és rendre összegezzük a

⁴⁵ Ott a szemléltetésre használt adatok még kitalált, fiktív értékek voltak, és a szektorok száma sem egyezett a mostanival a könnyebb megjeleníthetőség végett. A kalibrálás ötletének magyarázatára azonban szerkezetileg kiválóan alkalmas.

megfelelő cellákat, akkor a kereskedelmi aktívumok és passzívumok rendre kiesnek a konszolidáció miatt. Végül kiszámíthatjuk nemzetgazdasági szinten a szállítási ágazat részesedését az összes GDP-n belül.

A modellen belüli százalékos értéket összevetve a statisztikailag megfigyelt adattal, kiderül, hogy a kezdeti értéként megállapított átlagos „*tau*”-t fölül vagy alulbecsültük. Ennek megfelelően korrigálhatjuk ezt az értéket, és néhány iterációs lépés után eljuthatunk ahhoz az átlagos „*tau*”-hoz, amely már megfelelő pontossággal fogja eredményezni a modell újrafuttatása után a szállítási ágazat súlyát a nemzetgazdaságon belül. A próbálgatásos eljárás helyett írhatunk erre a problémára egy kalibráló programot, amely nem sokban különbözik az eredeti modelltől. A modell változói közé újabb változóként fel kell venni ezt az átlagos „*tau*”-t, majd az egyenletrendszerbe egy újabb egyenletet, amely a szállítási ágazatnak a valóságban megfigyelt arányszámmal való egyezőségét írja elő:

$$\frac{\sum_i \sum_m (\pi_{i,m} - q_{i,m}) X_{i,m}}{\sum_i \sum_m \pi_{i,m} X_{i,m}} = (\text{megfigyelt}\%) . \quad (6-2.)$$

Ha az eredeti modell megoldható volt, akkor ez a bővített változat is az lesz⁴⁶.

A különböző szállítási költség mátrixok modellbe illesztésének tapasztalatai alapján azt figyeltem meg, hogy a bonyolult szakértői becslések (lásd: 6.1.1. fejezet, 98. oldal) alapján készült adattáblázatok és az egyszerűbb, az időbeli távolságadatokat transzformációjával előállított adattáblázatok között az SCGE szempontjából nincs lényeges különbség, igazából nem lehet megállapítani, hogy melyik szolgáltat a valóságnak jobban megfelelő közelítést. Ennek oka feltehetően az, hogy az egymáshoz távoli régiók közötti szállítási költség mindkét módszer esetében „elegendően nagy”, relatíve a kisebb távolságokon mért költségekhez, ezek arányának nagyobb a jelentősége, mint az adat abszolút pontosságának.

Az új autópálya hatásának a szállítási költségek változásában való figyelembe vételéhez arra lenne szükség, hogy a 6-3. ábra térképébe berajzolt 19 darab új csomópontnak a 174 darab kistérséghez viszonyított időbeli távolságát a korábbi úthálózat alapján meghatározzuk.

6.2.4. Az autópálya szimuláció összeállításának munkafázisai

A már meglévő GMR Magyarország modellt az autópálya átadáshoz közele, a legjobb a 2009. lenne, év statisztikai adataihoz újra kellene kalibrálni. Ez nem csak a regionális SCGE blokkot érinti, hanem a makrogazdasági részt is. A jelenleg beépített makroökonometriai modell helyett, például a GMR Europe modellhez hasonlóan célszerű lenne a QUEST III-at használni, illetve annak magyarországi adaptációját.

⁴⁶ Az itt bemutatott módszertan kipróbálásra és sikeres felhasználásra került a GMR-Európa modell felépítése során (Varga-Járosi-Sebestyén 2009).

A TFP modellblokkon belül kell egy olyan baseline, amely a várható TFP változásokat mutatja a vizsgálni kívánt időintervallum, kb. 10-20 év, vonatkozásában oly módon, hogy figyelembe vettük az összes fejlesztéspolitikai beavatkozás által kiváltott TFP sokkot, a baseline-ból kivéve belőle ennek az egy autópálya beruházásnak a TFP hatását, illetve a scenario-ban visszarakva azt.

Az SCGE modellblokk számára el kell készíteni a 6.2.3. fejezetben ismertetett szállítási költség mátrixokat, és újrakalibrálni az összes paramétert a makrogazdasági blokkal összhangban.

A forgatókönyv elemzés módszertanának megfelelően a fent leírt baseline és scenario futtatásokra kapott eredmények kiértékelésével megkaphatjuk az M6-M60 Dunaújváros-Pécs közötti szakaszának modellezett gazdasági hatásait a térbeli számszerűsített általános egyensúly alapján. A közlekedési infrastruktúra fejlesztése egyáltalán nem biztos, hogy élénkítő hatással lesz az elmaradottabb régió gazdaságára abban az esetben, ha az elérhetőség javulásával a belső piaci jobban kiszolgáltatottabbá válnak a fejlettebb régiók számára.

Az SCGE modellek összeállítása olyan sokrétű interdiszciplináris ismereteket igényel, amelyek gyakorlatilag esélytelenné teszik a magányosan munkálkodó SCGE modellépítő sikerességének lehetőségét. Ezt a tevékenységet team-munkában célszerű folytatni, ahol az ötletek, a különböző nézőpontok ütköztetése szinergia hatásokat generál a csapatban dolgozó egyének között, és átsegítenek azokon a nehézségeken, amelyeken egyedül talán képtelenség, vagy csak nagy nehézségek árán lehetne átlendülni. Éppen ezért rendkívül fontosnak tartom, hogy Magyarországon is kialakuljon, megerősödjön és folyamatosan bővüljön egy olyan kutató közösség, akik egymást segítve tudnak elmélyedni a témában, és nemzetközileg is versenyképes csapatot alkotnak a regionális modellezés területén.

7. A dolgozat eredményeinek és megállapításainak összefoglalása

A dolgozatban a térbeli számszerűsített általános egyensúlyi modellezés került bemutatásra. A Magyarországon jelenleg relatíve új módszer olyan adaptációjáról beszélhetünk, amely valószínűleg az első hazai próbálkozások közé sorolható. A sokszínű és igen gazdag külföldi szakirodalomhoz és gyakorlati megvalósításokhoz képest azonban számos újdonság jellegű továbbfejlesztést, valamint praktikus egyszerűsítést is alkalmaztam a „magyar modell” specifikációja, továbbá a problémafelvetés és a válaszkeresésre javasolt szimulációk során.

A modellezés szó hallatán napjainkban még mindig idegenkedés tapasztalható számos regionális közgazdász hozzáállása kapcsán, amely többnyire még tisztázatlan félreértésekre vezethető vissza. A dolgozat reményeim szerint alátámasztja, hogy a modellezés nem valami „l’art pour l’art” elvont tudomány, hanem egyfajta matematikai vagy számítógépes példa, kísérletezés, tervezés, amely a verbális gondolkodást nem helyettesíti, hanem kiegészíti, újabb szempontok szerint világítja meg a felvetett problémát.

A modellező sohasem törekszik a valóság tökéletes másolatának az elkészítésére. Amíg a műszaki tudományok területén ez nagy ritkán elvileg lehetséges lenne, addig a gazdasági folyamatok összetettsége és az emberi tényező bonyolultsága miatt a közgazdász számára ez lehetetlen vállalkozást jelentene. A modell minden esetben csak valamilyen elfogadhatósági szinten, többé-kevésbé jól közelíti a valóságot. A kritérium a modell megfelelősége szempontjából a vizsgálni kívánt problémától, gazdasági jelenségtől függ, az ebből a szempontból nem lényeges jellemzőktől a modellalkotás folyamata során el lehet és el is kell tekinteni. Ellenkező esetben kezelhetetlenül bonyolult modelleket kapnánk eredményül, amelyek nem is biztos, hogy jobban hasonlítanak az empirikusan mérhető folyamatokra, mint az egyszerűbb változatok.

A dolgozatban bevezetést adtam a számszerűsített általános egyensúlyi (CGE), az „új gazdaságföldrajz”-i (NEG), továbbá a térbeli számszerűsített általános egyensúlyi modellekbe annak érdekében, hogy a közgazdászok körében népszerűsítsem ezt a Magyarországon még újszerű, előzetes hatásvizsgálatra is alkalmas módszert.

Lépésről lépésre **levezettem és bemutattam, hogy miként származtathatók a walrasi, illetve krugmani alapmodellekből a térbeli számszerűsített általános egyensúlyi modellek.** Ezáltal konstruktív bizonyítással igazoltam a bevezető fejezetben leírt H.2. hipotézist, amely bizonyításban egy lehetséges módját adtam meg a fokozatos bővítéseknek. Természetesen másfajta úton is megvalósítható lenne az SCGE modellek származtatása a walrasi alapmodellből, ugyanakkor nem céлом túlzott elméleti fejtegetésekbe bocsátkozni

ezzel kapcsolatban. A gyakorlatban bőven elegendő, ha legalább egy használható receptet adunk a modellépítés menetére.

Ezt követően egy konkrét, a GMR modell részét képező, **SCGE modell részletes és teljeskörű implementációját adtam meg**. Minden egyes ismertetésre került modell, a legegyszerűbb bevezető jellegű példától egészen a komplex alkalmazásokig, esetében elkészítettem a számítógépen működőképes változatot is. Ezeket többféle technikával valósítottam meg: Excel képletek, célérték-kereső, solver, Visual Basic, GAMS, Matlab programozási nyelvek.

Az elméleti alapokat követően kiemelt hangsúlyt kapott az SCGE modell Magyarországon való gyakorlati alkalmazása, amely túlmutatott a külföldön már több évtizedes múltra visszatekintő módszer egyszerű adaptációján. A magyar régiókra (megyékre) felépített modell számos olyan újdonság jellegű továbbfejlesztést tartalmaz, amely a nemzetközi szakirodalommal való összevetésben is hozzáadott értéket jelenthet. **A fejlesztéspolitikai beavatkozások előzetes hatásvizsgálata regionális szinten a teljes tényező termelékenységi sokkokon keresztül olyan új eredmény, amelyet a regionális politikai döntés-előkészítésben fel lehet használni**, amely alkalmazás már megvalósult. A dolgozatban nem állt módomban a „hivatalos” forgatókönyveket feldolgozni, helyette, bár ugyanazzal a modellel, de kitalált támogatás elosztások előzetes hatásvizsgálatát végeztem el, egyfajta „mi lenne, ha” típusú kérdésfeltevés formájában.

A modellkísérletekkel kimutattam, és egyfajta rugalmassági tényező formájában számszerűsítettem, hogy **ha a Közép-Magyarország régió támogatását rendkívüli mértékben megnövelnénk, akkor az a vidéki nagyvárosainkat tartalmazó megyéknek nyújtott támogatások hatását eliminálhatja a gazdasági növekedés szempontjából a szóban forgó megyékben**. Minden egyes +1 százalékos Budapestnek és Pest megyének megközelítőleg fél százalékos támogatástöbblet hatását ellensúlyozza a többi megye hátrányára, ez utóbbiak gazdasági növekedésére tekintettel. Ezzel a H.4. hipotézis a modellszámítások szintjén igazolást nyert, továbbá az abban megfogalmazott célkitűzés is teljesült az elaszticitási mutató vonatkozásában. Bár a valósághoz képest szinte egészen biztosan torzíthat valamelyest ez az eredmény, a tendencia eléggé meggyőzőnek tűnik.

Felhívtam a figyelmet jelenlegi modellünk alkalmazhatóságának korlátaira, és a túlzó következtetések veszélyeire, továbbá bemutattam a pontosság és megbízhatóság növelésének olyan lehetőségeit, mint például a területi egységek esetében az áttérés a megyei szintű felbontásról a kistérségekre. Mindezek következtében a H.3. hipotézissel kapcsolatban sem megerősítésről sem cáfolatról nem beszélhetünk. Bár ebben a tekintetben a modell eredményeinek magyarázatával óvatosan kell bánni, a 6.1.2. fejezetben található 6-2. ábrára felrajzolt grafikon legalábbis jelzésértékű. Nem jelenthetjük ki, hogy minden körülmények között igaz lenne az országos görbe által sugallt összefüggés, hanem mindössze annyit

állíthatunk, hogy léteznek olyan peremfeltételek, amelyek mellett a legfejlettebb régió preferálása a támogatások elosztása során nemzetgazdasági szinten növekedéstöbbletet eredményezhet, mindamelllett, hogy a területi polarizáció tovább mélyül. A szimuláció során pontosan ezek közül a lehetséges esetek közül láttunk egy példát. Melyek lehetnek a szóban forgó peremfeltételek? A kérdés olyan, mintha (kissé viccesen) azt kérdeznénk: Hogy mikor jó a fánk⁴⁷, és mikor nem jó a fánk? Vagyis összességében mikor érünk el jobb aggregált eredményt, ha a fejlett, vagy a fejletlen régiókat támogatjuk jobban? Mitől függ, hogy az egyik vagy a másik scenario-t érdemes alkalmazni? A kérdés megválaszolására tett kísérletek nagyon összetett problémákra vezetnének, és egy modell önmagában nem is adhatja meg a választ, mindössze alátámaszthat bizonyos érveket pro és kontra. A GMR-Európa modellel végzett néhány próbafuttatás során mindkét eset előfordult, és egyelőre nagyon nehéz egzakt módon megfogalmazni azokat a feltételeket, amelyek teljesülése esetén a „donut scenario” egyértelműen nagyobb aggregált növekedést eredményezne nemzetgazdasági szinten⁴⁸.

A második esettanulmányban felvázoltam a közlekedési infrastruktúra beruházások gazdasági hatásvizsgálatára is alkalmas továbbfejlesztés lehetőségét, amelyet az M6-M60 autópálya Pécs-Dunaújváros közötti szakaszának (a későbbiekben megvalósítani tervezett) példáján szemléltettem. Az ilyen jellegű alkalmazások külföldön már meglehetősen elterjedtek, célszerű lenne ezt a gyakorlatot Magyarországon is előbb-utóbb meghonosítani.

A még rendkívüli mértékben leegyszerűsített modellek döntő többségére is igaz, hogy kizárólag „papír alapú” matematikai eszközökkel, elegáns levezetésekkel nagy valószínűséggel nem leszünk képesek megoldani a problémát, legalábbis rövid, áttekinthető, „zárt alakban” kifejezett formában. Éppen ezért, ahogy a vizsgálni kívánt probléma és a modell bonyolultsági foka egyre inkább növekszik, úgy egyre jobban rá leszünk szorulva a **számítógépes szimulációk, numerikus eljárások módszereire, amelyek napjainkban már elérték azt a fejlettségi szintet, hogy látszólag igen komplex gazdasági modelleket is képesek vagyunk a segítségükkel megfelelően kezelni.** A jövőbeli fejlődés vonatkozásában megjósolható, hogy ez a tendencia nemhogy lassulna, hanem egyre inkább felgyorsul, amely a közgazdaságtudományi kutatások módszertanában is forradalmi átalakulásokat fog indukálni. Végül a szimulációs lehetőségekről elmondható az is, hogy korántsem merítettük még ki az SCGE modell alkalmazhatóságában rejlő távlatokat. Ezzel a Magyarországon újszerű

⁴⁷ Az Európai Unióban egyre gyakrabban hangzik el a „donut scenario” kifejezés, amely a fánk formájának (középen lyukas, és a szélén vastagabb) hasonlatán alapszik. Lényegében arról van szó, hogy a központi, fejlett régiók szinte semmit, vagy nagyon kevés támogatást kapnak, gyakorlatilag az ő rovásukra a periférikus, fejletlen régiók lényegesen többet. Ennek ellentéte az „agglomeration scenario”, amelyben a központi, fejlett régiókat preferálják a támogatások területi elosztása során.

⁴⁸ A szóban forgó próbafuttatások még nem kerültek publikálásra, mindössze a lehetséges jövőbeli kutatási irányokat szerettem volna segítségükkel érzékeltetni, egyfajta „előzetesként” a modell pillanatnyi fejlesztésével kapcsolatban.

módszerrel számos esettanulmány, lehetőség kipróbálása végezhető el, az elképzelhető ötletek száma gyakorlatilag végtelen. A dolgozat során a H.1. hipotézis közvetlenül nem nyert megerősítést, mindössze néhány példát sikerült hozni annak igazolására, hogy a modellezési technika segítségével viszonylag jól le lehet írni a gazdaság térbeli folyamatainak egy részét, ugyanakkor közvetve a kutatómunkám egésze azt a célt szolgálja, hogy a regionális gazdaságtan verbális és modellező irányzata közötti szinergiahatás erősödjön, az esetleg még létező falakat a kettő között sikerüljön véglegesen felszámolni. Ez nem csak a tudomány, hanem a gazdaságpolitika szempontjából is fontos lenne. **A fejlesztéspolitikai döntések előkészítése során lényeges szempont, hogy ne csak „verbális” vagy „elemi matematikai-statisztikai” módszerekkel vizsgáljuk meg a lehetséges hatásokat, hanem kipróbáljunk olyan komplexebb modelleket is, amelyek a modern közgazdaságtudomány legújabb eredményein alapulnak.**

Felhasznált irodalom

- Ács J. Z. – Varga A. (2000): Térbeliség, endogén növekedés és innováció. *Tér és Társadalom*, 4, 23-39.
- Armington, P. (1969): A theory of demand for products distinguished by place of production, *IMF Staff Papers* 16, 159-176.
- Arrow, K. J. – Debreu, G. (1954): Existence of an equilibrium for a competitive economy. *Econometrica* 22, 265–290.
- Baldwin, R. – Forslid, R. – Martin, P. – Ottaviano, G. – Robert-Nicoud, F. (2003): *Economic geography and public policy*. Princeton University Press.
- Bandara, J.S. (1991): Computable General Equilibrium Models for development policyanalysis in LDCs. *Journal of Economic Surveys* 5 (1), March, 3-69.
- Behrens, K. – Robert-Nicoud, F. (2011): Tempora mutantur: in search of a new testament for NEG. *Journal of Economic Geography* 11, 215-230.
- Brakman, S. – Garretsen, H. – Marrewijk, C. (2009): *The New Introduction to Geographical Economics* (2. kiadás). Cambridge University Press.
- Bröcker, J. (1998): Operational spatial computable general equilibrium modeling. *Annals of Regional Science* 32, 367-87.
- Cassel, G. (1918, 1924): *Theoretische Sozialökonomie*. Deichert, Leipzig; angolul: *The Theory of Social Economy*. New York: Augustus M. Kelley, 1967.
- Chiang, A. C. (1990): *Fundamental Methods of Mathematical Economics*. McGraw-Hill International Book Company.
- Christaller, W. (1933): *Die Zentralen Orte in Süddeutschland*, Verlag von Gustav Fischer, Jena; angolul (1966): *Central Places in Southern Germany*, Englewood Cliffs, Prentice-Hall.
- Combes, P. P. – Mayer, T. – Thisse, J. F. (2008): *Economic Geography: The Integration of Regions and Nations*. Princeton University Press.
- Dixit, A. – Stiglitz, J. (1977): Monopolistic competition and optimum product diversity. *American Economic Review*. 67, 297-308.
- Donaghy, K (2009): CGE Modeling in space. In Capello, R and Nijkamp, P *Handbook of Regional Growth and Development Theories*. Edward Elgar Publishers, 389-422.
- Dusek T. (2004): *A területi elemzések alapjai*. Regionális Tudományi Tanulmányok 10. ELTE Regionális Földrajzi Tanszék – MTA-ELTE Regionális Tudományi Kutatócsoport, Budapest, <http://geogr.elte.hu/>
- Dusek T. – Szalkai G. (2006): Az időtér és a földrajzi tér összehasonlítása. *Tér és Társadalom*, 2, 47-63.

- Enyedi Gy. (1996): *Regionális folyamatok Magyarországon az átmenet időszakában*. Ember, Település, Régió sorozat, Budapest.
- Erdősi F. (2002): Gondolatok a közlekedés szerepéről a régiók/városok versenyképességének alakulásában. *Tér és Társadalom*. 1. szám
- Erdősi F. (2005): *Magyarország közlekedési és távközlési földrajza*. Dialóg Campus Kiadó, Pécs.
- Forslid, R. – Haaland, J. – Midelfart-Knarvik, K.-H. (2002): A U-shaped Europe? A simulation study of industrial location. *Journal of International Economics* 57: 273–297.
- Forslid, R. – Ottaviano, G. (2003): An Analytically Solvable CorePeriphery Model, *Journal of Economic Geography* 3, 229-240.
- Fujita, M. – Krugman, P. – Venables, A. (1999): *The Spatial Economy*. MIT Press. Cambridge, MA, London.
- Fujita, M – Thisse, J (2002): *Economics of Agglomeration. Cities, Industrial Location, and Regional Growth*. Cambridge University Press Cambridge, MA, London, England
- Greenhut, M.L. – Norman, G. (szerk.) (1995): *The Economics of Location*, Edward Elgar Publishing, London.
- Gyulai L. – Hanyecz L. – Járosi P. – László Cs. (2002): *Bevezetés a kis- és középvállalkozások pénzügyi modellezésébe*. UNIÓ Kiadó, Finance Oktatási és Kutatási Alapítvány, Budapest.
- Hanyecz L. (1994): *Döntéshozatal, Döntési modellek*. Janus Pannonius Tudományegyetem, Pécs.
- Heer, B. – Maussner, A. (2005): *Dynamic General Equilibrium Modelling. Computational Methods and Applications*. Springer, Berlin – Heidelberg.
- Hirschman, A. O. (1958): *The Strategy of Economic Development*, New Haven, Yale University Press.
- Holland, J.H. – Miller, J.H. (1991): Artificial Adaptive Agents in Economic Theory. *American Economic Review* 81 (2), 365–371.
- Hoose, N. (1999): *Opening up the Black Box: Scrutinization of the Internal Structure of Computable General Equilibrium Models*. Ph.D. Dissertation, Graduate School of Economics, Osaka University.
- Horváth Gy. (1998): *Európai regionális politika*. Dialóg Campus Kiadó, Pécs.
- Horváth Gy. (2010): A paradigmaváltás szükségessége a magyar területpolitikában. *Tér és Társadalom*, 3, 205-208.
- Isard, W. (1956): *Location and Space-economy; a General Theory Relating to Industrial Location, Market Areas, Land Use, Trade, and Urban Structure*. Cambridge MA: MIT Press.

- Isard, W. (1960): *Methods of Regional Analysis; an Introduction to Regional Science*. Cambridge MA: MIT Press.
- Isard, W. – Azis, I. J. – Drennan, M. P. – Miller, R. E. – Slatzman, S. – Thorbecke, E. (1998): *Methods of Interregional and Regional Analysis*. Ashgate, Regional Science Studies Series. Aldershot, Brookfield USA, Singapore, Sydney.
- Ivanova, O. – Heyndrickx, C. – Spitaels, K. – Tavasszy, L. – Manshanden, W. – Snelder, M. – Koops, O. (2007): *RAEM: version 3.0 First Report*. Transport & Mobility Leuven, Belgium.
- Járosi P. (2005): A térbeli számszerűsített általános egyensúlyi modellek alkalmazási lehetőségei a regionális politikában. in Buday-Sántha A. – Erdősi F. – Horváth Gy. (szerk.): *Környezetvédelem, regionális versenyképesség, fenntartható fejlődés című konferencia előadásai. Regionális Politika és Gazdaságtan Doktori Iskola Évkönyv 2004-2005*. PTE KTK, Pécs. III. kötet, 214-223.
- Járosi P. (2006): A közösségi döntések elmélete és a térbeli általános egyensúlyi modell egy lehetséges adaptációja Magyarországra. *EU Working Papers*, 4, 3-14.
- Járosi P. (2008): Az integrált városfejlesztési stratégia és a helyi gazdaság fejlesztése. in Buday-Sántha A. – Erdősi F. – Horváth Gy. (szerk.) *Önkormányzatok gazdálkodása – helyi fejlesztés című konferencia előadásai*. PTE KTK Regionális Politika és Gazdaságtan Doktori Iskola. Pécs. 265-270.
- Járosi P. – Koike A. – Thissen M. – Varga A. (2010): Regionális fejlesztéspolitikai hatáselemzés térbeli számszerűsített általános egyensúlyi modellel. *Közgazdasági Szemle*, LVII. évf., február, 165–180., Melléklet Innovációkutatás.
- Koike, A – Thissen, M (2004): *Dynamic SCGE Model with Agglomeration Economy (RAEM-Light)*. Manuscript.
- Koike, A – Tavasszy, L – Sato, K (2009): Spatial Equity Analysis on Expressway Network Development in Japan: Empirical Approach Using the Spatial Computable General Equilibrium Model RAEM-Light. in: *Travel Demand Forecasting 2009, Volume 2*. Transportation Research Board, Washington, DC.
- Krugman, P (1991a): Increasing returns and economic geography. *Journal of Political Economy*. 99. (3.) 483-499.
- Krugman, P. (1991b): *Geography and Trade*. MIT Press, Cambridge, MA.
- Krugman, P. (1993): On the number and location of cities. *European Economic Review* 37 293–298.
- Krugman, P. (1995): *Development, Geography and Economic Theory*. MIT Press, Cambridge, MA.
- Krugman, P. (2000): (ford.: Grosz András) A földrajz szerepe a fejlődésben. *Tér és Társadalom*, 4, 1-21.
- Krugman, P. – Venables, A. (1995): Globalization and the inequality of nations, *Quarterly Journal of Economics*, 110: 857-880.

- Lengyel I. – Rechnitzer J. (2004): *Regionális gazdaságtan*. Dialóg Campus Kiadó, Budapest-Pécs.
- Lengyel I. (2010): *Regionális gazdaságfejlesztés. Versenyképesség, klaszterek és alulról szerveződő stratégiák*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Leontief, W. W. (1936): Quantitative Input and Output Relations in the Economic Systems of the United States. *The Review of Economics and Statistics*. Vol. 18, No. 3, 105-125. MIT Press.
- Löfgren, H – Harris, R – Robinson (2002): *Standard Computable General Equilibrium (CGE) Model in GAMS*. International Food Policy Research Institute.
- Löfgren, H. (2003): *Exercises in General Equilibrium Modeling Using GAMS*. International Food Policy Research Institute, Washington D.C.
- Lösch, A (1940): *Die räumliche Ordnung der Wirtschaft*, Verlag von Gustav Fischer, Jena; angolul (1954): *The Economics of Location*, New Haven, Yale University Press.
- Lucas, R. (1976): "Econometric Policy Evaluation: A Critique", in Brunner, K.; Meltzer, A., *The Phillips Curve and Labor Markets. Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 1, 19–46. New York, American Elsevier.
- McCann, P. (2001): *Urban and Regional Economics*. Oxford University Press, Oxford - New York.
- Mellár T. (2010): Válaszút előtt a makroökonómia? *Közgazdasági Szemle*, LVII. évf., július–augusztus, 591–611.
- Mills, E. S. – Nijkamp P. (szerk.) (1986): *Handbook of Regional and Urban Economics*. Elsevier, North-Holland, Amsterdam.
- Miyagi T. (2001): *Economic Appraisal for Multiregional Impacts by a Large Scale Expressway Project*. TI 2001-066/3 Tinbergen Institute Discussion Paper.
- Myrdal, G. (1957): *Economic Theory and Underdeveloped Regions*, Gerald Duckworth, London.
- Nemes Nagy J. (1998): *A tér a társadalomkutatásban. Bevezetés a regionális tudományba*. Ember, Település, Régió sorozat, Budapest.
- Nemes Nagy J. (szerk.) (2005): *Regionális elemzési módszerek*. Regionális Tudományi Tanulmányok 10. ELTE Regionális Földrajzi Tanszék, MTA-ELTE Regionális Tudományi Kutatócsoport, Budapest, <http://geogr.elte.hu/>
- Nemes Nagy J. (2009): *Terek, helyek, régiók. A regionális tudomány alapjai*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Neumann, J. V. (1945): A Model of General Economic Equilibrium. *The Review of Economic Studies*, Vol. 13, No. 1, 1-9.

- Ohno, E. (2000): Economic evaluation of impact of land loss due to sea level rise in Thailand. *Global Change And Asia Pacific Coasts, Proceedings of APN/SURVAS/LOICZ Joint Conference on Coastal Impacts of Climate Change and Adaptation in the Asia-Pacific Region*, 231-235.
- Oosterhaven, J. – Knaap, T. – Rijgrok, C. – Tavasszy, L. (2001): On the development of RAEM: The Dutch spatial general equilibrium model and its first application to a new railway link. *Paper presented at the 41th Congress of the European Regional Science Association, Zagreb, August 29.*
- Ottaviano, G. – Thisse, J.-F. (2004): Agglomeration and economic geography, in: J. V. Henderson – J. F. Thisse (ed.), *Handbook of Regional and Urban Economics*, vol. 4, chapter 58, pages 2563-2608 Elsevier, Amsterdam: North-Holland.
- Raa, T. T. (2005): *The Economics of Input-Output Analysis*. Cambridge University Press.
- Ratto, M. – Roeger, W. – Veld, J. (2009): QUEST III: An estimated open-economy DSGE model of the euro area with fiscal and monetary policy, *Economic Modelling*, Elsevier, vol. 26 (1) január, 222-233.
- Rechnitzer, J. – Lados, M. (2004): *A területi stratégiáktól a monitoringig*. Dialóg Campus Kiadó, Budapest–Pécs.
- Révész T. – Zalai E. (2000): A magyar gazdaságstatisztikai adatforrások és az alkalmazott egyensúlyelméleti modellezés. *Statisztikai Szemle* 78, 97-117.
- Romer, P. (1986): Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy*. 94, 1002-1037.
- Romer, P. (1990): Endogenous technological change. *Journal of Political Economy*. 98, 71-102.
- Romer, P. (1994): The origins of endogenous growth. *Journal of Economic Perspectives*. 8, 3-22.
- Rutherford, T. F. (1999): Applied General Equilibrium Modeling with MPSGE as a GAMS Subsystem: An Overview of the Modeling Framework and Syntax. *Computational Economics* 14, 1-46.
- Samuelson, P. A. (1983): Thunen at two hundred, *Journal of Economic Literature* 21, 1468-88.
- Schalk, H. – Varga, A. (2004): *The economic effects of EU Community Support Framework interventions. An ex-ante impact analysis with EcoRET, a macroeconomic model for Hungary*. Center of Applied Economic Research Münster (CAWM), University of Münster, Münster.
- Shoven, J. B. – J. L. Whalley (1992): *Applying General Equilibrium*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Thissen, M. (2003): *RAEM 2.0 A regional applied general equilibrium model for the Netherlands*. TNO working papers.

- Thissen, M. – Limtanakool, N. – Hilbers, H. (2010): Road pricing and agglomeration economies: a new methodology to estimate indirect effects applied to the Netherlands. *The Annals of Regional Science*, Published online: 15 June 2010, <http://www.springerlink.com/content/h842552n32087414/fulltext.pdf> (Letöltés időpontja: 2011. május 24.)
- Thünen J. von (1826, 1930): *Der Isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie*, Szerk.: Heinrich Waeting, Gustav Fischer, Jena (3. kiadás).
- Varga A. (2003): Johann von Thünen és az “új gazdaságföldrajz” térgazdaságtana. *Tanulmánykötet Zinhaber Ferenc professzor emlékére* 85-98. Pécsi Tudományegyetem, Közgazdaságtudományi Kar, Pécs.
- Varga, A. – Schalk, H. J. (2004): *The economic effects of EU Community Support Framework interventions. An ex-ante impact analysis with EcoRET, a macroeconomic model for Hungary*. Zentralinstitut für Raumplanung Institut für Siedlungs- und Wohnungswesen Universität Münster.
- Varga, A. (2007): *GMR-Hungary: A complex macro-regional model for the analysis of development policy impacts on the Hungarian economy*. Hungarian National Development Agency, Budapest. A tanulmány a következő linken is elérhető: http://www.krti.ktk.pte.hu/files/tiny_mce/File/MT/mt_2007_4.pdf
- Varga, A. (2008): From the Geography of Innovation to Development Policy Analysis: The GMR-approach. *Annales d'Economie et de Statistique* 87-88, 83-102.
- Varga A. (2009): *Térszerkezet és gazdasági növekedés*. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Varga, A. – Schalk, H. – Koike, A. – Járosi, P. – Tavasszy, L (2008): Integrating the effects of geography into EU Cohesion Policy impact modeling: The GMR-approach. (<http://www.uni-kiel.de/ifr/uploads/augustloesch/password/jarosi.pdf>) *Modeling workshop of the German Section of the ERSA*.
- Varga, A. – Járosi, P. – Sebestyén, T. (2009): Geographic Macro and Regional Model for EU Policy Impact Analysis of Intangible Assets and Growth. *Working Paper IAREG* WP5/20.
- Varga A. – Járosi P. (2011): Regionális innovációpolitikák hatáselemzése a GMR-Európa modell segítségével. in Bajmóczy Z. – Lengyel I. – Málovics Gy. (szerk.) *Regionális innovációs képesség, versenyképesség és fenntarthatóság*, JATEPress, Szeged (megjelenés alatt).
- Varian, H. R. (1992): *Microeconomic Analysis*. W. W. Norton & Company, New York, London.
- Varian, H. R. (2001): *Mikroökonómia középfokon. Egy modern megközelítés*. KJK-KERSZÖV, Budapest.
- Venables, A. J. – Gasiorek, M (1999): *The Socio-Economic Impact of Projects Financed by the Cohesion Fund: A Modeling Approach*. Luxembourg: European Commission.

- Vold, A. – Jean-Hansen, V. (2007): *PINGO - A model for prediction of regional and interregional freight transport in Norway*. TOI report 899/2007. Institute of Transport Economics, Norwegian Centre for Transport Research.
- Wald, A. (1935): *Über die eindeutige positive Lösbarkeit der neuen Produktionsgleichungen. Ergebnisse eines mathematischen Kolloquiums* 6, 12-18.
- Walras, L. (1874): *Éléments d'économie politique pure, ou, Théorie de la richesse sociale*. L. Corbaz, Lausanne; angolul (2003): *Elements of Pure Economics: Or, the Theory of Social Wealth*. Routledge.
- Weber, A. (1909): *Über den Standort der Industrien*, angolul (1929): *Theory of the Location of Industries*, University of Chicago Press, Chicago.
- Wing, S. (2004): *Computable General Equilibrium Models and their Use in Economy-Wide Policy Analysis*. MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change. MIT, Cambridge.
- Zalai E. (1998): *Általános egyensúlyi modellek alkalmazása gazdaságpolitikai elemzésekre. Közgazdasági Szemle, XLV. évf., december, 1065-1081.*
- Zalai E. (1999): *A közgazdaságtan metodológiájáról és a matematikai közgazdaságtanról a Neumann-modell ürügyén. Közgazdasági Szemle, XLVI. évf., július–augusztus, 600–628.*
- Zalai E. (2000): *Matematikai közgazdaságtan. A korszerű mikroökonómiai elemzés klasszikus és neoklasszikus szemléletű modelljei*. KJK-KERSZÖV, Budapest.

Függelék

F.1. Az SCGE modell matematikai leírása

F.1.1. A modell paraméterei

$\alpha_{i,m}$	A Cobb-Douglas termelési függvény rugalmassági paramétere
$TFPSHARE_{i,m}$	Teljes tényező termelékenység arányok régióon belül, ágazatonként
$TFPGROWTH$	A teljes tényező termelékenység állandó növekedési üteme
ω_i	A TFP becslő egyenlet hibatagjaiból számított konstans regionális tényező
A', γ	A TFP becslő egyenlet regressziós paraméterei
α'_h	A hasznossági függvény lakásállományra vonatkozó paramétere
β_m	A hasznossági függvény fogyasztási javakra vonatkozó paramétere ágazatonként
$\tau_{ij,m}$	Szállítási költség paraméterek a „jéghegy-elv” alapján
$\gamma_{ij,m}$	Az interregionális CES keresleti függvény részesedési paraméterei
μ	Az interregionális CES keresleti függvény rugalmassági paramétere
δ	Átlagos amortizációs ráta

F.1.2. A modell változói

i, m, t	A régió, az ágazat és az időperiódus indexe
I, M, T	A régió, az ágazat és az időperiódus darabszáma
$Y_{i,m,t}$	Kibocsátás mennyiségi egységben
$L_{i,m,t}$	A felhasznált munkamennyiség ágazatonként
$K_{i,m,t}$	A felhasznált tőke állománya ágazatonként
$TFP_{i,m,t}$	Teljes tényező termelékenység
$\alpha_{i,m}$	A Cobb-Douglas termelési függvény rugalmassági paramétere
$TFPSHOCK_{i,m,t}$	A beavatkozás hatásaként létrejövő exogén sokkok
$w_{i,m,t}$	Munkabér
$r_{i,m,t}$	A működő tőke hozamrátája

$VA_{i,m,t}$	Hozzáadott érték
$q_{i,m,t}$	Szállítási költség nélküli „f.o.b.” ár
$u_{i,t}$	A háztartások hasznossági szintje régióként
H_i	Lakásállomány régióként
N_i	A régió lakosság száma
$X_{i,m,t}$	A háztartások kereslete mennyiségi egységben
$\pi_{i,m,t}$	Regionális fogyasztói árindex ágazonként
$s_{ij,m,t}$	A régiók részesedési arányai az interregionális kereskedelemből
$L_{i,t}$	Regionális munkakínálat
K_t	Nemzetgazdasági szintű tőkeállomány
$G_{t,t+1}$	A munkaerő-állomány nemzetgazdasági szintű növekedési tényezője
$l_{i,m,t}$	Regionális beruházások ágazonként
INV_t	Nemzetgazdasági szintű beruházások
E_{SIB}	A munkaerő-állomány változásának rugalmassága a TFP változásra vetítve a scenario és a baseline között
V_i	A TFP változás aránya a beavatkozás hatására

F.1.3. A GMR modell SCGE blokkjának egyenletrendszere

$$Y_{i,m,t} = TFP_{i,m,t} L_{i,m,t}^{\alpha_{i,m}} K_{i,m,t}^{1-\alpha_{i,m}} \quad (F-1.)$$

$$TFP_{i,m,t} = TFP_{SHARE}_{i,m} (1 + TFP_{GROWTH})^t \cdot (1 + TFP_{SHARE}_{i,m} \cdot TFP_{SHOCK}_{i,m,t}) \omega_i A \left(\sum_{m=1}^M L_{i,m,t} \right)^\gamma \quad (F-2.)$$

$$L_{i,m,t} = \frac{\alpha_{i,m} VA_{i,m,t}}{W_{i,m,t}} \quad (F-3.)$$

$$K_{i,m,t} = \frac{(1 - \alpha_{i,m}) VA_{i,m,t}}{r_{i,m,t}} \quad (F-4.)$$

$$VA_{i,m,t} = q_{i,m,t} Y_{i,m,t} \quad (F-5.)$$

$$q_{i,m,t} = \frac{W_{i,m,t}^{\alpha_{i,m}} r_{i,m,t}^{1-\alpha_{i,m}}}{TFP_{i,m,t} \alpha_{i,m}^{\alpha_{i,m}} (1 - \alpha_{i,m})^{1-\alpha_{i,m}}} \quad (F-6.)$$

$$u_i = \alpha'_h \ln \left[\frac{H_i}{\sum_{m=1}^M L_{i,m}} \right] + \sum_{m=1}^M \beta_m \ln \left[\frac{X_{i,m}}{N_i} \right] \quad (\text{F-7.})$$

$$\frac{\sum_{m=1}^M w_{i,m} L_{i,m}}{N_i} + \frac{\sum_{j=1}^I \sum_{m=1}^M r_{j,m} K_{j,m}}{\sum_{j=1}^I N_j} = \sum_{m=1}^M \pi_{i,m} \frac{X_{i,m}}{N_i} \quad (\text{F-8.})$$

$$X_{j,m0} = \frac{\beta_{m0}}{\sum_{m1=1}^M \beta_{m1}} \left\{ \frac{N_j}{\sum_{i1=1}^I N_{i1}} \left[\sum_{i2=1}^I \sum_{m2=1}^M (1 - \alpha_{i2,m2}) VA_{i2,m2} \right] + \sum_{m3=1}^M \alpha_{j,m3} VA_{j,m3} \right\} \pi_{j,m0} \quad (\text{F-9.})$$

$$\alpha'_h = 1 - \sum_{m=1}^M \beta_m \quad (\text{F-10.})$$

$$\sum_{i=1}^I s_{ij,m} = 1 \quad (\text{F-11.})$$

$$\pi_{j,m} = \sum_{i=1}^I q_{i,m} (1 + \tau_{ij,m}) s_{ij,m} \quad (\text{F-12.})$$

$$VA_{i,m} = \sum_{j=1}^I X_{j,m} s_{ij,m} q_{i,m} (1 + \tau_{ij,m}) \quad (\text{F-13.})$$

$$s_{ij,m} = \gamma_{ji,m} \left[\frac{(1 + \tau_{ij,m}) q_{i,m}}{\pi_{j,m}} \right]^{-\mu} \quad (\text{F-14.})$$

$$\pi_{j,m} = \left\{ \sum_{i=1}^I \gamma_{ji,m} [(1 + \tau_{ij,m}) q_{i,m}]^{1-\mu} \right\}^{\frac{1}{1-\mu}} \quad (\text{F-15.})$$

$$\mathbf{L}_{i,t+1} = \left(\mathbf{L}_{i,t} - \phi \frac{\sum_{i=1}^I \mathbf{L}_{i,t}}{I} + \frac{e^{\theta(u_{i,t} + c_i)}}{\sum_{i=1}^I e^{\theta(u_{i,t} + c_i)}} \phi \sum_{i=1}^I \mathbf{L}_{i,t} \right) \mathbf{G}_{t,t+1} \quad (\text{F-16.})$$

$$\mathbf{L}_{i,t} = \sum_{m=1}^M L_{i,m,t} \quad (\text{F-17.})$$

$$G_{t,t+1} = \frac{\sum_{i=1}^I L_{i,t+1}}{\sum_{i=1}^I L_{i,t}} \quad (\text{F-18.})$$

$$\mathbf{K}_{t+1} = (1 - \delta)\mathbf{K}_t + \sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M l_{i,m,t} \quad (\text{F-19.})$$

$$\mathbf{INV}_t = \sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M l_{i,m,t} \quad (\text{F-20.})$$

$$E_{S/B} = \frac{\Delta L}{L} : \frac{\Delta TFP}{TFP} \quad (\text{F-21.})$$

$$\frac{L_{i,S}}{L_{i,B}} = 1 + E_{S/B} \frac{TFP_{i,S} - TFP_{i,B}}{TFP_{i,B}} \quad (\text{F-22.})$$

$$v_i = \frac{\Delta TFP_i}{TFP_i} \quad (\text{F-23.})$$

$$\frac{\Delta TFP}{TFP} = \bar{v} = \frac{\sum_i L_i v_i}{\sum_i L_i} \quad (\text{F-24.})$$

F.2. A GMR Magyarország SCGE modelljének GAMS kódja

```
$title Raem-Light_Flex
$title Peter JAROSI

Sets
  i regions / region1*region20 /
  m sectors / sector1*sector4 /
  t years / year0*year12 /

Set tmap(t) yearmapping of years that are part of the model: changes over t when solving for
several years;
  tmap(t)=yes$(ord(t)=1);

alias(i,j,i1,i2); alias(m, m0, m1, m2, m3); alias(t,tloop)

Sets
  TSdataset TSdataset / Ldyn, Idyn /
  Regdataset Regdataset / Ni, Hi, omegai /
;

$onecho > taskin.txt
par=wdata rng=DataIn!A1 Cdim=1 Rdim=1
par=Ldata rng=DataIn!H1 Cdim=1 Rdim=1
par=Kdata rng=DataIn!P1 Cdim=1 Rdim=1
par=TFPShare rng=DataIn!A25 Cdim=1 Rdim=1
par=alpha rng=DataIn!H25 Cdim=1 Rdim=1
par=Gamma rng=DataIn!P25 Cdim=1 Rdim=1
par=Tau1 rng=TauIn!A1 Cdim=1 Rdim=1
par=Tau2 rng=TauIn!A25 Cdim=1 Rdim=1
par=Tau34 rng=TauIn!A49 Cdim=1 Rdim=1
par=TFPShock rng=ScenShockIn!A1 Cdim=1 Rdim=1
par=TSdata rng=ScenShockIn!A25 Cdim=1 Rdim=1
par=Regdata rng=DataIn!A49 Cdim=1 Rdim=1
par=BaseLt rng=BaseLt!A1 Cdim=1 Rdim=1
par=BaseCumMigr rng=BaseMigr!A1 Cdim=1 Rdim=1
par=BaseKt rng=BaseKt!A1 Cdim=1 Rdim=1
par=BaseMuldLSh rng=BasedLShare!A1 Cdim=1 Rdim=1
par=ScenMuldLSh rng=ScendLShare!A1 Cdim=1 Rdim=1
$offecho

$call gdxrw.exe RaemLFinOut.xls @taskin.txt

$GDXIN RaemLFinOut.gdx
Parameter wdata(i,m), Ldata(i,m), Kdata(i,m), TFPShare(i,m), alpha(i,m), Gamma(i,m),
  Tau1(i,j), Tau2(i,j), Tau34(i,j), TFPShock(i,t),
  TSdata(t,TSdataset), Regdata(i,Regdataset),
  BaseLt(i,t), BaseCumMigr(i,t), BaseKt(i,t), BaseMuldLSh(i,t), ScenMuldLSh(i,t);
```

```

$LOAD wdata Ldata Kdata TFPShare alpha Gamma Tau1 Tau2 Tau34 TFPShock TSdata Regdata BaseLt
BaseCumMigr BaseKt BaseMuldLSh ScenMuldLSh
*option decimals=8;
Display wdata, Ldata, Kdata, TFPShare, alpha, Gamma, Tau1, Tau2, Tau34, TFPShock, TSdata,
Regdata, BaseLt, BaseCumMigr, BaseKt, BaseMuldLSh, ScenMuldLSh;
$GDXIN

```

Variables

```

Ldem(i,m,t) Labour demand in region i of sector m in year t
EDL(i,m,t) Excess Demand of Labour
Kdem(i,m,t) Capital demand in region i of sector m in year t
EDK(i,m,t) Excess Demand of Capital
Y(i,m,t) Interregional demand
*VA(i,m,t) Value added
w(i,m,t) wages
wr(i,t) regional average wage in region i
r(i,m,t) returns
rn(t) national average return in year t
q(i,m,t) FOB prices in region i of sector m in year t
pm(i,j,m,t) p (CIF prices) on 1-mue
pi(i,m,t) price index by CIF prices
s(i,j,m,t) interregional trade ratio
X(i,m,t) aggregate demand in region i of sector m

```

```

Object Variable for objective function should be zero because of walras law
;

```

```

Positive variable pi;

```

Parameters

```

mue Shift parameter of CES function
beta(m) Sectorial demand parameter
sigma(m) Saving (investment) ratio parameter
delta Depreciation parameter
halpha Housing alpha parameter
omega(i) TFP residual parameter in region i
N(i) Population variable in region i
H(i) Housing variable in region i
Acomma Estimated parameter (A') of agglomeration effect
Agamma Estimated parameter (gamma) of agglomeration effect
Tau(i,j,m) Transportation cost in sector m
Lsup(i,m,t) Labour supply in region i of sector m in year t
Ksup(i,m,t) Capital supply in region i of sector m in year t
Kt(i,t) Total Capital in region i
Ktot(t) Total (national) Capital
Lt(i,t) Total Labour in region i
Ltot(t) Total (national) Labour
KisL(i,t) li = Li per Ni
A(i,m,t) TFP variable A in region i of sector m
TFPv(i,m,t) TFP value in region i of sector m in year t

```


CDY(i,m,t) Output calculated by CD production function (aggregate supply in region i of sector m)

u(i,t) Utility function

ci(i) Utility constant

fi migration parameter

theta migration parameter

LiMigr(i,t) Migration of Labour

CumLiMigr(i,t) Cumulative migration of Labour

basenu(i,t) deltaL share parameter (deltaTFPi divided by TFPi) in Baseline

BLnueavg(t) average nue(i) (deltaTFP divided by TFP) for Labour in Baseline

scennue(i,t) deltaL share parameter (deltaTFPi divided by TFPi) in Scenario

SLnueavg(t) average nue(i) (deltaTFP divided by TFP) for Labour in Scenario

SKnueavg(t) average nue(i) (deltaTFP divided by TFP) for Capital in Scenario

LtNext(i,t) Next Total Labour in region i

LtotNext(t) Next Total (national) Labour

BaseLtot(t) Baseline Total (national) Labour

BaseKtot(t) Baseline Total (national) Capital

;

Equations

Calcwr(i,t) Calculate regional average wage

Calcrn(t) Calculate national average return

Calcq(i,m,t) Calculate FOB prices

Calcpm(i,j,m,t) Calculate p on 1-mue

Calcpi(j,m,t) Calculate price index

Calcs(i,j,m,t) Calculate sij

CalcX(j,m0,t) Calculate aggregate demand in region j of setor m0

CalcY(i,m,t) Calculate interregional demand

CalcLdem(i,m,t) Calculate Labour Demand

CalcKdem(i,m,t) Calculate Capital Demand

CalcEDL(i,m,t) Calculate EDL

CalcEDK(i,m,t) Calculate EDK

ConsPosEDL(i,m,t) Constraint of EDL

ConsPosEDK(i,m,t) Constraint of EDK

ConsNegEDL(i,m,t) Constraint of EDL

ConsNegEDK(i,m,t) Constraint of EDK

Numerair(t) rn(t) as Numerair

Objective(t) Objective function

;

Calcwr(i,t)\$tmap(t)..

wr(i,t) =e= sum(m, w(i,m,t)*Lsup(i,m,t))/sum(m1, Lsup(i,m1,t));

Calcrn(t)\$tmap(t)..

rn(t) =e= sum((i,m), r(i,m,t)*Ksup(i,m,t))/sum((i1,m1), Ksup(i1,m1,t));

Calcq(i,m,t)\$tmap(t)..

q(i,m,t)*TFPv(i,m,t)*(alpha(i,m)**alpha(i,m))*((1-alpha(i,m))**(1-alpha(i,m))) =e=
(w(i,m,t)**alpha(i,m))*(r(i,m,t)**(1-alpha(i,m)));

```

Calcpcm(i,j,m,t)$tmap(t)..
  pcm(i,j,m,t) =e= (q(i,m,t)*(1+tau(i,j,m)))**(1-mue);

Calcpci(j,m,t)$tmap(t)..
  pci(j,m,t)**(1-mue) =e= sum(i, pcm(i,j,m,t)*gamma(i,m));

Calcs(i,j,m,t)$tmap(t)..
  s(i,j,m,t) =e= gamma(i,m)*((1+tau(i,j,m))*q(i,m,t)/pci(j,m,t))**(-mue);

CalcX(j,m0,t)$tmap(t)..
  X(j,m0,t)*pci(j,m0,t) =e= (beta(m0)/(1-
halpha))*(KisL(j,t)*wr(j,t)+rn(t)*Ktot(t)/sum(i1,N(i1)))*N(j);
* X(j,m0,t)*pci(j,m0,t) =e= (beta(m0)/sum(m1,beta(m1)))*
* ((N(j)/sum(i1,N(i1)))*sum((i2,m2), (1-alpha(i2,m2))*VA(i2,m2,t))+sum(m3,
alpha(j,m3)*VA(j,m3,t)));

CalcY(i,m,t)$tmap(t)..
  Y(i,m,t) =e= sum(j, s(i,j,m,t)*X(j,m,t)*(1+tau(i,j,m)));

CalcLdem(i,m,t)$tmap(t)..
  Ldem(i,m,t)*w(i,m,t) =e= Y(i,m,t)*q(i,m,t)*alpha(i,m);

CalcKdem(i,m,t)$tmap(t)..
  Kdem(i,m,t)*r(i,m,t) =e= Y(i,m,t)*q(i,m,t)*(1-alpha(i,m));

CalcEDL(i,m,t)$tmap(t)..
  EDL(i,m,t) =e= (Ldem(i,m,t)-Lsup(i,m,t))/10000;

CalcEDK(i,m,t)$tmap(t)..
  EDK(i,m,t) =e= (Kdem(i,m,t)-Ksup(i,m,t))/10000;

ConsPosEDL(i,m,t)$tmap(t)..
  EDL(i,m,t) =l= 0.000001;

ConsPosEDK(i,m,t)$tmap(t)..
  EDK(i,m,t) =l= 0.000001;

ConsNegEDL(i,m,t)$tmap(t)..
  EDL(i,m,t) =g= -0.000001;

ConsNegEDK(i,m,t)$tmap(t)..
  EDK(i,m,t) =g= -0.000001;

Numerair(t)$tmap(t)..
  rn(t) =e= 0.379192915940344;

Objective(t)$tmap(t)..
  Object =e= sum((i,m), sqr(EDL(i,m,t)))+sum((i,m1), sqr(EDK(i,m1,t)));

mue=2.439;

```

```

beta('sector1')=0.270529192114041;
beta('sector2')=0.0371944404170924;
beta('sector3')=0.38761571875349;
beta('sector4')=0.204660648715376;
sigma('sector1')=0.55122161909416;
sigma('sector2')=0.131624379521668;
sigma('sector3')=0.169560140112975;
sigma('sector4')=0.00446237026071649;
delta=0.1;
halpha=1-sum(m,beta(m));
omega(i) = Regdata(i,'omegai');
Acomma=0.306622277607848;
Agamma=0.118628517239652;
N(i) = Regdata(i,'Ni');
H(i) = Regdata(i,'Hi');
Tau(i,j,'sector1') = Tau1(i,j);
Tau(i,j,'sector2') = Tau2(i,j);
Tau(i,j,'sector3') = Tau34(i,j);
Tau(i,j,'sector4') = Tau34(i,j);
Lsup(i,m,'year0') = Ldata(i,m);
Ksup(i,m,'year0') = Kdata(i,m);

fi = 0.05;
theta = 1;

BaseLtot(t) = sum(i, BaseLt(i,t));
BaseKtot(t) = sum(i, BaseKt(i,t));
CumLiMigr(i,'year0')=0;

Model RMLHungary /all/ ;

* begin of loop
loop(tloop,
if(ord(tloop)>0,
* in case of endogenous calibration (for example gamma(i,m) and beta(m)) the condition
ord(tloop)>0 should be changed to ord(tloop)>1

tmap(t)=yes$(ord(t)=ord(tloop));

* Lsup(i,m,t)$((tmap(t))and(ord(t)>1))=Lsup(i,m,t-1); for testing only
* Ksup(i,m,t)$((tmap(t))and(ord(t)>1))=Ksup(i,m,t-1); for testing only
Lt(i,t)$tmap(t) = sum(m, Lsup(i,m,t));
Ltot(t)$tmap(t) = sum((i,m), Lsup(i,m,t));
KisL(i,t)$tmap(t) = Lt(i,t)/N(i);
Kt(i,t)$tmap(t) = sum(m, Ksup(i,m,t));
Ktot(t)$tmap(t) = sum((i,m), Ksup(i,m,t));
A(i,m,t)$tmap(t) = Acomma*(Lt(i,t)**Agamma)*TFPShare(i,m)*omega(i);
TFPv(i,m,t)$tmap(t) = (1+TFPShock(i,t)*TFPShare(i,m))*A(i,m,t);
CDY(i,m,t)$tmap(t) = TFPv(i,m,t)*(Lsup(i,m,t)**alpha(i,m))*(Ksup(i,m,t)**(1-alpha(i,m)));
Ldem.l(i,m,t)$tmap(t) = Lsup(i,m,t);
Kdem.l(i,m,t)$tmap(t) = Ksup(i,m,t);

```

```

EDL.l(i,m,t)$tmap(t)=0;
EDK.l(i,m,t)$tmap(t)=0;
Y.l(i,m,t)$tmap(t) = CDY(i,m,t);

w.l(i,m,t)$((tmap(t))and(ord(t)=1))=wdata(i,m);
w.l(i,m,t)$((tmap(t))and(ord(t)>1))=w.l(i,m,t-1);
w.lo(i,m,t)$tmap(t)=0.001;
w.up(i,m,t)$tmap(t)=1000;
wr.l(i,t)$tmap(t)=sum(m, w.l(i,m,t)*Lsup(i,m,t))/sum(m1, Lsup(i,m1,t));
r.l(i,m,t)$((tmap(t))and(ord(t)=1))=CDY(i,m,t)*(1-alpha(i,m))/Ksup(i,m,t);
r.l(i,m,t)$((tmap(t))and(ord(t)>1))=r.l(i,m,t-1);
r.lo(i,m,t)$tmap(t)=0.001;
r.up(i,m,t)$tmap(t)=1000;
rn.l(t)$tmap(t)=sum((i,m), r.l(i,m,t)*Ksup(i,m,t))/sum((i1,m1), Ksup(i1,m1,t));
q.l(i,m,t)$((tmap(t))and(ord(t)=1))=1;
q.l(i,m,t)$((tmap(t))and(ord(t)>1))=q.l(i,m,t-1);
q.lo(i,m,t)$tmap(t)=0.001;
q.up(i,m,t)$tmap(t)=1000;
pm.l(i,j,m,t)$tmap(t) = (q.l(i,m,t)*(1+tau(i,j,m)))**(1-mue);
pi.l(j,m,t)$tmap(t) = (sum(i, pm.l(i,j,m,t)*gamma(i,m))**(1/(1-mue)));
s.l(i,j,m,t)$tmap(t) = gamma(i,m)*(1+tau(i,j,m))*q.l(i,m,t)/pi.l(j,m,t)**(-mue);
X.l(j,m0,t)$tmap(t) = ((beta(m0)/(1-
halpha))*KisL(j,t)*wr.l(j,t)+rn.l(t)*Ktot(t)/sum(i1,N(i1))*N(j))/pi.l(j,m0,t);

```

```
Object.l=0;
```

```
* To run without solver:
```

```
* X.l(i,m,t)$tmap(t)=1;
```

```
* Otherwise you have to erase the line above
```

```
* To avoid division by zero:
```

```
* Y.lo(i,m,t)=0.00000001;
```

```
pi.lo(i,m,t)$tmap(t)=0.0001;
```

```
X.lo(i,m,t)$tmap(t)=0.0001;
```

```
*Additional lower bounds
```

```
Ldem.lo(i,m,t)$tmap(t)=0.0001;
```

```
Kdem.lo(i,m,t)$tmap(t)=0.0001;
```

```
Y.lo(i,m,t)$tmap(t)=0.0001;
```

```
wr.lo(i,t)$tmap(t)=0.0001;
```

```
pm.lo(i,j,m,t)$tmap(t)=0.0001;
```

```
s.lo(i,j,m,t)$tmap(t)=0.0000001;
```

```
Solve RMLHungary using nlp minimizing Object;
```

```
* Solve RMLHungary using cns;
```

```

u(i,t)$tmap(t) = halpha*log(H(i)/Lt(i,t))+sum(m, beta(m)*log((1-sigma(m))*X.l(i,m,t)/N(i)));
ci(i) = 1-u(i,'year0');
LiMigr(i,t)$tmap(t) = (-
fi)*Ltot(t)/card(i)+fi*Ltot(t)*exp(theta*(u(i,t)+ci(i)))/sum(j,exp(theta*(u(j,t)+ci(j))));
CumLiMigr(i,t)$((tmap(t))and(ord(t)=1)) = LiMigr(i,t);

```

```

CumLiMigr(i,t)$((tmap(t))and(ord(t)>1)) = CumLiMigr(i,t-1)+LiMigr(i,t);
LtNext(i,t)$tmap(t) = Lt(i,t) + LiMigr(i,t);
LtotNext(t)$tmap(t) = sum(i, LtNext(i,t));
Ltot(t+1)$((tmap(t))and(ord(t)<card(t))) = TSdata(t+1,'Ldyn');
Ktot(t+1)$((tmap(t))and(ord(t)<card(t))) = (1-delta)*Ktot(t)+TSdata(t,'Idyn');
basenuc(i,t)$tmap(t) = 0.01494;
BLnueavg(t)$tmap(t) = sum(i, basenuc(i,t)*LtNext(i,t))/sum(i1,LtNext(i1,t));
scennuc(i,t+1)$((tmap(t))and(ord(t)<card(t))) = (ScenMuldLSh(i,t+1)/BaseMuldLSh(i,t+1))-1;
SLnueavg(t+1)$((tmap(t))and(ord(t)<card(t))) = sum(i,
scennuc(i,t+1)*BaseLt(i,t+1))/sum(i1,BaseLt(i1,t+1));
SKnueavg(t+1)$((tmap(t))and(ord(t)<card(t))) = sum(i,
scennuc(i,t+1)*BaseKt(i,t+1))/sum(i1,BaseKt(i1,t+1));

* in case of Scenario
  if ( SLnueavg(tloop+1)=0,
    Lt(i,t+1)$((tmap(t))and(ord(t)<card(t))) = BaseLt(i,t+1)*(1+((Ltot(t+1)-
BaseLtot(t+1))/BaseLtot(t+1)))
                                + CumLiMigr(i,t)-BaseCumMigr(i,t);
  else
    Lt(i,t+1)$((tmap(t))and(ord(t)<card(t))) = BaseLt(i,t+1)*(1+((Ltot(t+1)-
BaseLtot(t+1))/BaseLtot(t+1))*scennuc(i,t+1)/SLnueavg(t+1))
                                + CumLiMigr(i,t)-BaseCumMigr(i,t);
  ) ;
  if ( SKnueavg(tloop+1)=0,
    Kt(i,t+1)$((tmap(t))and(ord(t)<card(t))) = BaseKt(i,t+1)*(1+((Ktot(t+1)-
BaseKtot(t+1))/BaseKtot(t+1)));
  else
    Kt(i,t+1)$((tmap(t))and(ord(t)<card(t))) = BaseKt(i,t+1)*(1+((Ktot(t+1)-
BaseKtot(t+1))/BaseKtot(t+1))*scennuc(i,t+1)/SKnueavg(t+1))
  ) ;

* in case of Baseline
* Lt(i,t+1)$((tmap(t))and(ord(t)<card(t))) = LtNext(i,t)*(1+((Ltot(t+1)-
LtotNext(t))/LtotNext(t))*basenuc(i,t)/BLnueavg(t));
* Kt(i,t+1)$((tmap(t))and(ord(t)<card(t))) = Kt(i,t)+(Ktot(t+1)-Ktot(t))*Kt(i,t)/Ktot(t);

  Lsup(i,m,t+1)$((tmap(t))and(ord(t)<card(t))) = Lsup(i,m,t)+(Lt(i,t+1)-
Lt(i,t))*TFPShare(i,m)*Lsup(i,m,t)/sum(m1,TFPShare(i,m1)*Lsup(i,m1,t));
  Ksup(i,m,t+1)$((tmap(t))and(ord(t)<card(t))) = Ksup(i,m,t)+(Kt(i,t+1)-
Kt(i,t))*TFPShare(i,m)*Ksup(i,m,t)/sum(m1,TFPShare(i,m1)*Ksup(i,m1,t));

* end of loop
););

*Display alpha, TFPv, Lt, Y.l, VA.l, Ldem.l, Lsup, Kdem.l, Ksup, q.l, w.l, r.l, s.l, X.l,
EDL.l, EDK.l, pi.l
Display Lsup, Lt, Ksup, Kt, CDY, Y.l, wr.l, s.l, X.l, w.l, r.l, q.l, EDL.l, EDK.l, Objective.l,
pi.l, u, ci, LiMigr, scennuc, SLnueavg;
*Display Lsup, Lt, Ksup, Kt, CDY

*Excell Output generation

```

```
Parameter eow(i,m), eor(i,m), eoq(i,m);
```

```
eow(i,m)=w.l(i,m,'year0');  
eor(i,m)=r.l(i,m,'year0');  
eoq(i,m)=q.l(i,m,'year0');
```

```
Execute_Unload 'RaemLFinOut.gdx',eow,eor,eoq;
```

```
* in case of Baseline put the symbols LiMigr,Lt,Kt into the line Execute_Unload above  
* in case of Scenario erase the symbols LiMigr,Lt,Kt from the line Execute_Unload above
```

```
$onecho > taskin1.txt
```

```
par=eow rng=w!a1 clear
```

```
par=eor rng=r!a1 clear
```

```
par=eoq rng=q!a1 clear
```

```
$offecho
```

```
* in case of Baseline put the following lines between $onecho and $offecho above, otherwise  
erase it
```

```
*par=LiMigr rng=BaseMigr!a25 clear
```

```
*par=Lt rng=BaseLt!a1 clear
```

```
*par=Kt rng=BaseKt!a1 clear
```

```
Execute 'GDXXRW.EXE RaemLFinOut.gdx @taskin1.txt';
```

```
$onecho > taskin2.txt
```

```
par=eow rng=w!a1
```

```
par=eor rng=r!a1
```

```
par=eoq rng=q!a1
```

```
$offecho
```

```
* in case of Baseline put the following lines between $onecho and $offecho above, otherwise  
erase it
```

```
*par=LiMigr rng=BaseMigr!a25
```

```
*par=Lt rng=BaseLt!a1
```

```
*par=Kt rng=BaseKt!a1
```

```
Execute 'GDXXRW.EXE RaemLFinOut.gdx @taskin2.txt';
```