

RIERC Regional
Innovation and Entrepreneurship
Research Center

RESEARCH REPORTS

2022-03

Cím: A tőkeakkumuláció ágazati szintű figyelembevétele a GMR-Magyarország modellben: a beruházások származási és célágazatának megkülönböztetése

Sebestyén Tamás*

Szabó Norbert*

*Regional Innovation and Entrepreneurship Research Center, Faculty of Business and Economics, University of Pécs and MTA-PTE Innovation and Economic Growth Research Group

Regional Innovation and Entrepreneurship Research Center
Faculty of Business and Economics
University of Pécs

H-7622, Pécs Rákóczi str. 80.

Phone: +36-72-501-599/63190

E-mail: rierc.center@tk.pte.hu

Web: <https://tk.pte.hu/en/faculty/development-centers/rierc>



**A tőkeakkumuláció ágazati szintű figyelembevételének
lehetséges módja a GMR-Magyarország modellben: a
beruházások származási és célágazatának
megkülönböztetése**

Kutatási jelentés

Tartalom

Bevezetés.....	4
1. A tőke modellezése a GMR jelenlegi verziójában	5
1.1. A beruházási és a tőkepiac áttekintése a GMR-Magyarország modellben.....	5
1.2. A tőkepiac és a tőkeakkumuláció modellezése a GMR-modellben	7
1.1.1. A tőkekereslet a modellben	7
1.1.2. A tőke kínálatának megjelenítése	7
1.1.3. A tőkeakkumuláció.....	9
1.2. A beruházási döntések modellezése a GMR modellben	9
2. Az ágazati tőkeakkumuláció modellezésének lehetőségei	11
2.1. Lineáris allokáció	11
2.2. Beruházás Tobin-féle q alapján	12
3. Az ágazati tőkeakkumuláció és az ágazati beruházási javak kereslete.....	14
3.1. A beruházások cél- és forráságazati dimenziójának indirekt összekapcsolása.....	15
3.2. A beruházások cél- és forráságazati dimenziójának direkt összekapcsolása.....	15
4. Összefoglalás és további feladatok.....	18
Irodalomjegyzék.....	19

Bevezetés

A számszerűsíthető általános egyensúlyi modellek a gazdaság minden piacának és szereplőjének, valamint az azok közötti kapcsolatoknak és visszahatásoknak az ábrázolására alkalmasak, így képesek különféle beavatkozások közvetlen és közvetett (tovagyűrűző) gazdasági hatásait számszerűsíteni. Mivel e modellek komplexitásuknál fogva meglehetősen számításigényes konstrukciók is lehetnek, így minden modell az egyszerűség és a valósághűség közötti optimális kompromisszum megtalálására törekszik. A modell felhasználásának a célja fogja meghatározni, hogy az adott modell mely aspektusai lesznek kifinomultabbak és mely aspektusai egyszerűbb felépítésűek, amelyek révén a modell kifejezetten alkalmassá válik bizonyos problémák vizsgálatára, azonban még mindig relatíve egyszerű és relatíve könnyen megoldható marad.

Az ágazati szakpolitikák gyakran élnek olyan eszközökkel, amelyek beruházásösztönzést és támogatást jelentenek, így az, hogy milyen modellezési filozófiát követ egy adott modell a beruházási döntések, a tőkeakkumulációja, valamint allokációja során alapvető fontosságú az ilyen szakpolitikai beavatkozások hatásainak számszerűsítésekor. Ezek a modellezési döntések alapvető hatást gyakorolhatnak a modell által prediktált eredményekre, így a beruházástámogatás hatásvizsgálata megköveteli, hogy a beruházások és a tőkeakkumuláció modellezése kellően szofisztikált legyen.

Ezen kifinomult módszertani megoldások nemcsak azt képesek megmutatni, hogy a gazdaságban képződő megtakarításokat milyen beruházási javak vásárlására fordítják (beruházási kereslet), valamint, hogy a megtakarítások milyen módon építik a tőkeállomány nagyságát, hanem azt is képesek ábrázolni, hogy a háztartások milyen logika mentén allokálnak tőkét egyes ágazatokhoz és hogy ezek ágazati tőkeállománybővülés milyen típusú (ágazati) beruházási jóságok megvásárlását igényli. Ez a közvetlen kapocs a tőkeállomány bővülése, valamint a beruházási kereslet között kibővíti a modell által leírt hatások körét, hiszen a beruházástámogatások ágazatspecifikus beruházási keresleten keresztül érvényesülő tovagűrűző hatása is nyomon követhetővé válik, ezzel is javítva az hatáselemzés megbízhatóságát.

Jelen tanulmány alapvetően két céllal rendelkezik. Egyfelől szakirodalomfeldolgozás révén a CGE modellek ezen fontos dinamikus aspektusát vizsgálja meg alaposabban: vagyis a tőke és a beruházások modellezésének lehetőségeit, rávilágítva az egyes irányzatok potenciális előnyeire és hátrányaira. Másfelől célja a tanulmánynak az is, hogy az így szerzett ismeretek alapján javaslatot tegyen a GMR-Magyarország több régiós többszektoros modellrendszer beruházási és tőkepiaci módszereinek továbbfejlesztésére.

Fontos azonban hangsúlyozni, hogy a megtakarítási-beruházási döntések tipikusan intertemporális jellegűek, ezért vizsgálatuk dinamikus közgazdasági modellek alkalmazását követeli meg. Mivel a tanulmány fő célja, hogy a rekurzív dinamikus GMR-Magyarország továbbfejlesztését alapozza meg, így a tanulmány során elsődlegesen a rekurzív dinamikus CGE modellek megoldásaira fókuszálunk, így nem kerül vizsgálatra azon megoldások halmaza, amelyeket a teljesen dinamikus modellek vonultatnak fel.

A tanulmány négy fő fejezetre oszlik. Az első fejezet röviden ismerteti a GMR-Magyarország modell legfontosabb sarokpontjait kiemelve a tőkepiac és a beruházások modellezésének módszertanát. A második fejezet a szakirodalmi feldolgozás alapján tömören vázolja a beruházások és a tőkepiac kifinomultabb ábrázolási lehetőségeit. A harmadik fejezet pedig azt járja körül, hogy miként kapcsolható össze az ágazati tőkefelhalmozás és az ágazati beruházási javak kereslete, valamint, hogy ezen összekapcsolódási megoldások milyen következménnyel járnak a modell által figyelembe vett folyamatok tekintetében. A tanulmányt összegzés zárja.

1. A beruházási és a tőkepiac modellezése a GMR jelenlegi verziójában

A GMR modellezési rendszer olyan hatáselemző modellt foglal magába, amely előzetes és utólagos forgatókönyv-elemzések készítése révén képes támogatni a fejlesztéspolitikai döntéseket. A gazdasági folyamatok szimulációját a rendszer integrált módon, különféle modellezési irányokra építkezve végzi el. Egyfelől a makrogazdasági folyamatokat a makrogazdasági és DSGE modellek (ERSI, 2002; Ratto et al. 2009) megközelítése révén, az ágazati összefüggéseket a többszektoros általános egyensúlyi (CGE) modellek (Bayar, 2007; Atuesta-Hewings, 2013) révén veszi figyelembe. A modellezési irányzat különös hangsúlyt fektet a területi hatások számszerűsítésére, így az egyes szakpolitikai beavatkozások földrajzi hatásainak figyelembevételére (pl. agglomerációs externáliák, a tudás térbeli terjedése, a termelési tényezők térbeli áramlása, kereskedelem, szállítási költség).

A modellrendszerrel bővebben Varga (2017), illetve Varga és szerzőtársai (2020b) ad leírást. Jelen kutatási jelentésben a magyarországi GMR modellek legújabb változatát használjuk, amely egy többszektoros-többrégiós modell. A korábbi modell-specifikációk és alkalmazások ismertetése megtalálható Schalk és Varga (2004) és Varga (2007) (GMR-Magyarország), Varga és Baypinar (2016) (GMR-Törökország), Varga (2017) és Varga et al. (2020a) (GMR-Európa) tanulmányokban.

A három módszertani megközelítés, amelyre a modell építkezik, mindegyike a modellrendszer szerkezetének egy-egy fő blokkjának feleltethető meg. A *termelékenységi* (TFP – Total Factor Productivity) blokk, amely az innováció földrajzának alapjaira építkezik. E blokk feladata, hogy modellezze azokat a mechanizmusokat, amelyek a tudástermelés és tudásterjedés mögött állnak, azok kölcsönhatásait, valamint azon folyamatokat, amelyeken keresztül e tényezők befolyásolják a termelékenységet. A térbeli számszerűsíthető általános egyensúlyi (SCGE) blokk a gazdaságföldrajz legfontosabb tételein alapul (Krugman, 1991; Fujita et al., 1999). E modellkomponens felelős azért, hogy számszerűsítse a különféle fejlesztéspolitikai beavatkozások regionális gazdasági hatásait, vagyis a regionális kibocsátásra, árakra, bérekre, foglalkoztatásra gyakorolt hatásokat. Végül a makrogazdasági (MACRO) blokk a nemzetgazdasági folyamatok figyelemvételéért felelős.

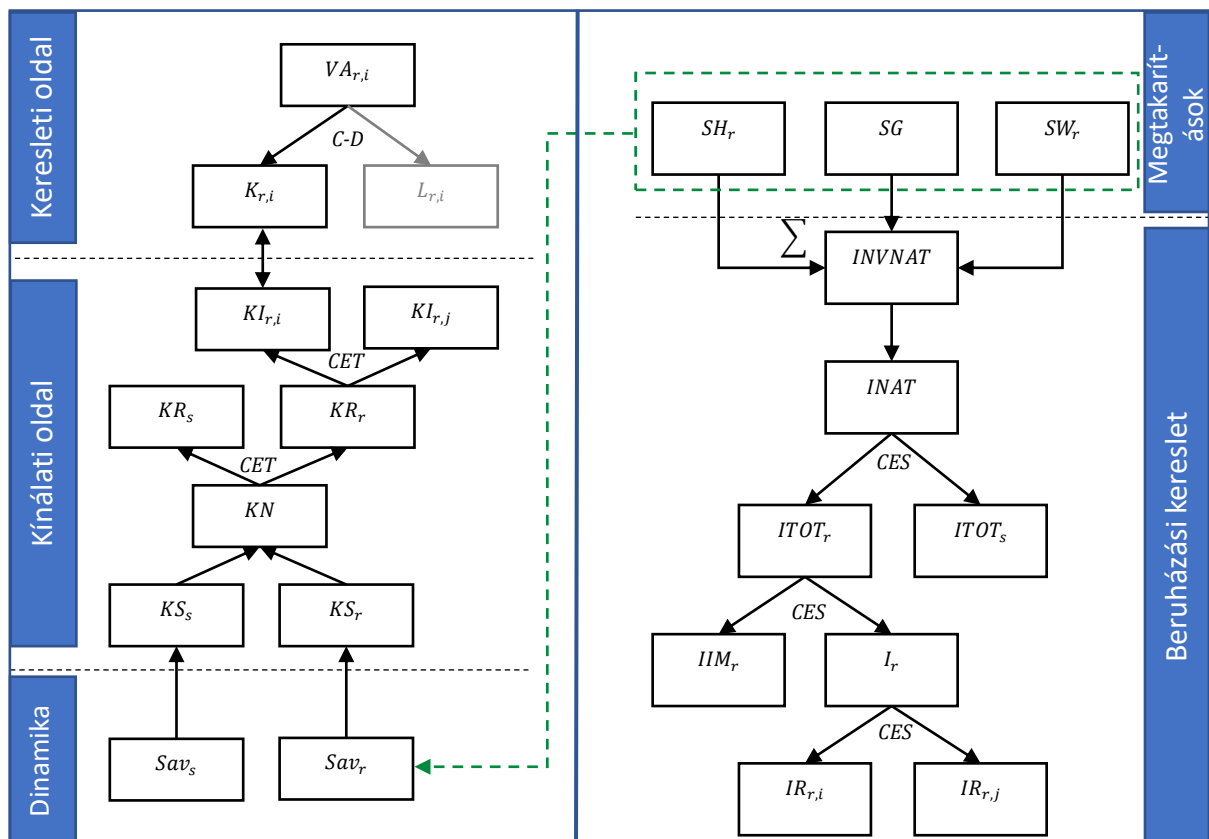
Jelen tanulmány a modell SCGE blokkjára fókuszál, mivel a beruházási döntések e blokkban jelennek meg, így e döntések komplexebb megjelenítésére is ebben a blokkban van lehetőség. A terjedelmi keretek miatt e tanulmány eltekint a GMR modell és annak részeinek alapos bemutatásától, azonban minden részletre kiterjedő ismertetések találhatóak Varga et al. (2020c) és Szabó (2021) munkáiban. Jelen fejezet célja, hogy röviden bemutassa az SCGE modell azon legfontosabb részeit, amelyek felelősek a beruházási döntések modellezéséért és a tőke viselkedésének leírásáért.

1.1. A beruházási és a tőkepiac áttekintése a GMR-Magyarország modellben

A GMR modellben a beruházások alapvetően megtakarítás-vezéreltek. Ez azt jelenti, hogy a megképződő megtakarítások determinálják a beruházások nagyságát. Az összes megtakarítás három komponensből tevődik össze: 1) a háztartások megtakarítása (SH_t), 2) a kormányzati deficit (SG), 3) a régiók külfölddel szembeni megtakarítási pozíciója (SW_t). A háztartások megtakarítása az endogén jövedelemek exogén arányaként adódik. A kormányzati deficitet a makro blokk folyamatai alakítják, ahol a kormányzat elkötelezett abban, hogy az államadósság GDP-arányos értékét hosszútávon 50% körüli szinten tartsa. Végül a külföldi megtakarításokat alapvetően a folyó fizetési mérleg egyenlege alakítja. Az így adódó összes megtakarítás finanszírozza az országos beruházások értékét ($INVNAT$).

Az országos (kompozit) beruházásokat ($INAT$) egy többszintű beágyazott keresleti függvény bontja fel regionális, import-hazai - és ágazati dimenzió szerint. Így a keresleti függvény megadja, hogy a beruházási kereslet mekkora része irányul az egyes régiókba ($ITOT_r$), illetve, hogy ennek mekkora része származik importból (IIM_r), illetve a régió termékeiből (I_r). A régió termékein belül a keresleti függvény alsó szintjén az is számszerűsíthető, hogy a regionális beruházási kereslet miként oszlik meg a régió ágazati termékei között ($IR_{r,i}$).

1. ábra: a beruházások és a tőke modellezése az SCGE blokkban



Forrás: saját szerkesztés

Ez a régiókra és ágazatokra lebontott beruházási kereslet azonban közvetlenül semmilyen módon nem kapcsolódik a tőkefelhalmozáshoz. Ennek oka az a modellezési döntés, mely szerint a tőkeakkumulációt a régió szintjén (az ágazati szint felett) írjuk fel, vagyis a regionális összes megtakarítás finanszírozza az új tőke felhalmozását a régióban. Ahol a kormányzati deficit régiókra való leosztása kalibrált exogén arányszámok segítségével származtathatók. Így tehát a modell jelenlegi formája csupán azt a regionális tőkefelhalmozást adja meg, valamint azt, hogy az országos megtakarítások milyen beruházási javak vásárlását finanszírozzák. Ez azonban nem kapcsolódik össze közvetlenül az ágazatok által felhasznált tőkével. Vagyis nem derül ki, hogy az egyes ágazatok milyen beruházási jóságok vásárlása révén képesek bővíteni tőkeállományukat.

A kiszámított regionális tőkeállományt (KS_r) valójában a háztartások által felhalmozott befektetési tőkeként értelmezhetjük. Ahogy ezen tőkeállomány növekszik, úgy bővül a regionális háztartások tőkejövedelme. Ez a tőke azonban nem régióhoz kötött, hiszen felhasználható más régiók ágazatainak a működtetésére, amennyiben az jövedelmezőnek tűnik a háztartás számára, vagyis a tőkének ez a fajtája régiók között feltételezés szerint tőkéletesen

mobil. Így a regionális tőkeállományokból képzett országos tőkeállomány (KN) kerül „kiosztásra” az egyes régiók (KR_r) és ágazatok ($KI_{r,i}$) között. Ezek a leosztások azonban már korlátozottan, tökéletlenül mobilisak, ahol a leosztást főként az vezérli, hogy a vállalatok által hasznosított fizikai tőke melyik régióban milyen drága. Minél drágább a fizikai tőke ára egy térségben, annál inkább oda fog irányulni a mobilis befektetési tőkeállomány. Végül az így megképződő regionális ágazati tőkekínálat ($KI_{r,i}$) fog találkozni majd az ágazatok tőkekeresletével ($K_{r,i}$), ahol kialakul majd a tőke egyensúlyi ára.

1.2. A tőkepiac és a tőkeakkumuláció modellezése a GMR-modellben

Az előző alfejezet általános áttekintése után jelen alfejezetben röviden bemutatásra kerül a tőkekeresletének, régió és ágazatközi kínálatának, a regionális tőkejövödelmek keletkezésének és a tőkeakkumulációs folyamatoknak a modellezési módszerei.

1.1.1. A tőkekereslet a modellben

A beágyazott termelési függvény első szintjén egy Cobb-Douglas típusú függvény munkaerő ($L_{r,i}$) és tőke ($K_{r,i}$) felhasználásával állítja elő a hozzáadott érték (egyelőre a termelési adók és támogatások nélküli) nagyságát ($VA_{r,i}$).

$$VA_{r,i} = aCD_{r,i} \cdot L_{r,i}^{\alpha_{r,i}} \cdot K_{r,i}^{\beta_{r,i}} \quad (1)$$

Ahol $aCD_{r,i}$ a hatékonysági paraméter (teljes tényező termelékenység – total factor productivity, TFP), $\alpha_{r,i}$ és $\beta_{r,i}$ pedig a munka és a tőke parciális kínálati rugalmasságai. Költségminimalizáló magatartást feltételezve a vállalatok célja adott szintű kibocsátáshoz tartozó összköltség minimalizálása. Az ehhez szükséges kétféle input közötti optimális megoszlási arányt az árak aránya szabja meg, melyet az alábbi két költségminimalizálásból levezethető keresleti függvény ír le:

$$L_{r,i} = \left(\frac{VA_{r,i}}{aCD_{r,i}} \right) \cdot \left(\frac{\alpha_{r,i} \cdot PK_{r,i}}{\beta_{r,i} \cdot PL_{r,i}} \right) \quad (2)$$

$$K_{r,i} = \left(\frac{VA_{r,i}}{aCD_{r,i}} \right) \cdot \left(\frac{\beta_{r,i} \cdot PL_{r,i}}{\alpha_{r,i} \cdot PK_{r,i}} \right) \quad (3)$$

Ahol $PK_{r,i}$ a tőke, $PL_{r,i}$ a munka ára.

1.1.2. A tőke kínálatának megjelenítése

A háztartások tőkeállományának allokálása során a fentiek szerint elsőként a regionális tőkeállományok (KS_r) egy országos állományban (KN) összegződnek, amelyek aztán felhasználhatók bármely régió esetében, bizonyos mértékű transzformációs súrlódás mellett. Az aggregálás egy egyszerű összeggé íráshoz vezet fel:

$$KN = \sum_r KS_r \quad (4)$$

A régiók közötti transzformáció azonban egy CET¹ típusú függvénnyel ábrázolható, amely az országos tőkeállomány régiók közötti allokációját vezérli.

$$KN = d^{KN} \cdot \left(\sum_r b_r^{KR} \cdot KR_r \right)^{\frac{1}{\rho^{KR}}} \quad (5)$$

Ahol d^{KN} a függvény szintparamétere, b_r^{KR} a regionális tőkekínálatok részesedési paramétere, ρ^{KR} pedig a transzformáció rugalmasságának paramétere, amelynek nagysága szabályozza,

¹ Állandó transzformációs rugalmasságú (CET: constant elasticity of transformation) függvény

hogy milyen surlódás mellett transzformálható a tőkeállomány felhasználása egyik, illetve másik régió között. A rugalmasság emelkedésével a tőke régiók közötti allokálása érzékenyebbé válik. A háztartások tőkejövedelmeik maximalizálásának célfüggvényként, valamint a fenti CET függvény transzformációt szabályozó korlátozó tényezőként való figyelembevételével levezethetők a regionális tőkekínálati függvények:

$$KR_r = \left(\frac{PKR_r}{PKN}\right)^{\sigma^{KR}} \cdot (b_r^{KR})^{-\sigma^{KR}} \cdot (d^{KN})^{-\sigma^{KR}-1} \cdot KN \quad (6)$$

Ahol PKR_r a regionális tőkekínálat árindexe, PKN az országos tőkeállomány árindexe, σ^{KR} pedig a transzformáció rugalmassága.² Végül az így kialakult regionális tőkekínálat ágazatok közötti allokációját a CET függvény egy újabb szintje végzi.

$$KR_r = d_r^{KR} \cdot \sum_i \left(b_{r,i}^{KI} \cdot KI_{r,i} \rho_r^{KI}\right)^{\frac{1}{\rho_r^{KI}}} \quad (7)$$

Ahol $KI_{r,i}$ a regionális ágazati tőkekínálat, d_r^{KR} a CET függvény szintparamétere, $b_{r,i}^{KI}$ az ágazati tőkekínálat részesedési paramétere, végül ρ_r^{KI} a transzformáció rugalmassági paramétere. A korábbiak szerint ismét levezethető az optimális tőkekínálati függvény az ágazatok szintjére is:

$$KI_{r,i} = \left(\frac{PK_{r,i}}{PKR_r}\right)^{\sigma_r^{KI}} \cdot (b_{r,i}^{KI})^{-\sigma_r^{KI}} \cdot (d_r^{KR})^{-\sigma_r^{KI}-1} \cdot KR_r \quad (8)$$

Ahol σ_r^{KI} a transzformáció rugalmassága. Fontos azonban hangsúlyozni, hogy a tőke ágazati és regionális árindexei az erőforrás felhasználásának árait reprezentálják és azok nem azonosak annak megtérülésével. A (jövőbeli várható) megtérülés, amely alapvetően egy dinamikus fogalom, ilyen értelemben nem jelenik meg a modellben, így valójában a tőkepiacot részletesen tárgyaló dinamikus modellek két fontos fogalma (a megtérülés és fizikai tőke pótlásának költsége) nem is válik el élesen. Míg a vállalatok számára a tőke árai a tőkeállomány pótlásának költségét fejezik ki, addig a háztartások számára ez egyúttal a vállalatok rendelkezésére bocsátott tőke értékét is kifejezi (, amely komponensnek magában kellene foglalnia a tőke megtérülését is). Így a háztartások abban érdekeltek, hogy tőkájukat olyan régiók és ágazatok felé allokálják, amelyek képesek magasabb árat fizetni érte.

Végül az egyensúly a tőkepiacon az ágazatok szintjén teljesül, ahol is egyensúlyban az ágazati tőkekínálat épp megegyezik az ágazati tőkekereslettel:

$$K_{r,i} = KI_{r,i} \quad (9)$$

Ahol az egyensúly teljesülését a tőke ágazati árindexének ($PK_{r,i}$) változása garantálja. A tőke aggregátumainak árindexe a kínálati oldal értékegyezősége mentén alakulnak. Így a tőke regionális árindexe, az ágazati árindexek, valamint kínálatok részarányai alapján vett átlagként adhatók meg:

$$PKR_r = \sum_i PK_{r,i} \cdot \frac{KI_{r,i}}{KR_r} \quad (10)$$

Vagyis a tőke regionális árindexe felfogható a régió ágazataiban felhasznált ágazati tőkeállományok árindexének egyfajta súlyozott átlagaként. Végül hasonló elven az országos árindex is felírható a regionális árindexek és kínálati arányok alapján:

$$PKN = \sum_r PKR_r \cdot \frac{KR_r}{KN} \quad (11)$$

² E modellezési megközelítés azt feltételezi, hogy a tőketulajdonosok elhelyezkedésüktől (lakhelyüktől) függetlenül azonos elvek és minták szerint „fektetik be” tőkájukat az ország egyes térségei között.

Feltételezés szerint a háztartások elhelyezkedésüktől függetlenül azonos eredménnyel képesek tőkéjüket a vállalatok számára bocsátani, ez az oka az integrált, országos tőkepiac létrehozásának. Az országos tőkepiacról azonban minden regionális háztartás az országos tőkepiaci árindex, valamint a régióban felhalmozott befektetési tőke szerint jut hozzá tőkejövedelemhez. Ez alapján a háztartások összes jövedelme (YH_r) az alábbi módon írható fel:

$$YH_r = PLR_r \cdot LS_r + PKN \cdot KS_r \quad (12)$$

Ahol PLR_r a regionális munkabér, LS_r a regionális foglalkoztatás.

1.1.3. A tőkeakkumuláció

A tőke akkumulációját az amortizációs ráta, valamint a regionális beruházások nagysága determinálja az alábbi egyenlet szerint:

$$KS_{r,t+1} = (1 - \delta) \cdot KS_{r,t} + \frac{SavR_{r,t}}{PKN} \quad (13)$$

Ahol t az időszak indexe, $KS_{r,t}$ az adott időszakhoz tartozó regionális tőkeállomány, δ az amortizációs ráta, $SavR_{r,t}$ pedig a regionális megtakarítások összege, amely a regionális háztartások megtakarításaiból, a regionális devizamérlegből, valamint a rögzített arányok mentén ($SavG_r$) régiókra leosztott kormányzati deficitből tevődik össze:

$$SavR_{r,t} = SH_r + SavG_r \cdot SG + SW_r \quad (14)$$

1.2. A beruházási döntések modellezése a GMR modellben

Ebben az alfejezetben röviden bemutatásra kerül, hogy milyen modellezési megoldások mentén kerül kiszámításra a beruházási kereslet a GMR modellben.

A beruházási keresletet országos szinten a megtakarítások összege finanszírozza, amely a háztartások megtakarításaiból, a költségvetés hiányából és a külföldi megtakarításokból tevődik össze. A beruházások és a megtakarítások közötti mérlegegyensúlyi feltétel az alábbi formában írható fel:

$$INVNAT = \sum_r (SH_r + SW_r \cdot ER) + SG \quad (15)$$

Ez a feltétel biztosítja, hogy a beruházásra kerülő összeg ($INVNAT$) országos szinten megegyezzen a háztartások megtakarításainak, a hazai fizetőeszközben mért külföldi megtakarítás, valamint a közösségi megtakarítás összegével.

A megképződő megtakarítások felhasználását, vagyis a beruházási keresletet egy többszintű CES³ függvény írja le, amelyben adott aggregált országos beruházási szint mellett az ahhoz szükséges költségek minimalizálása révén adódik az országos és regionális aggregált beruházási kereslet, azon belül a hazai és importberuházási kereslet, valamint végül a hazai ágazati beruházási kereslet.

Az országos szinten rendelkezésre álló beruházási keret ($INVNAT$) nagysága azonban kiegészül a készletváltozások hatásaival. A hazai készletek ($CIV_{r,i}$) kínálati oldalon történő kezelése azt jelenti, hogy készletcsökkenés esetében (kínálatbővülés) az addicionális bevétel beruházásokra fordítható. Az importált készletek ($CIVM_r$) azonban a hagyományos módon vannak figyelembe véve a modellben, így a kínálatbővülés negatív értéket jelent, ellentétes előjellel szerepelnek az alábbi egyenletben.

³ Állandó helyettesítési rugalmasságú (CES: constant elasticity of substitution) függvény

Az így adódó beruházások finanszírozására rendelkezésre álló összegből vásárolhatók meg a beruházási javak, melyek aggregált országos nagysága az alábbi értékegyenlet alapján adódik:

$$INAT = \frac{INV_{NAT} + (\sum_r i(1 + t_{com} CIV_{r,i}) \cdot PD_{r,i} \cdot CIV_{r,i} - \sum_r PIM \cdot CIV_{r,i})}{PINAT} \quad (16)$$

ahol $INAT$ az országos aggregált beruházás nagyságát jelöli, $PINAT$ pedig annak árindexe. Ahol az országos beruházási kereslet a regionális aggregált beruházási keresletek CES aggregátumaként adódik:

$$INAT = d^{INAT} \cdot \left[\sum_r b_r^{ITOT} \cdot (ITOT_r)^{\rho^{INAT}} \right]^{\frac{1}{\rho^{INAT}}} \quad (17)$$

Ahol d^{INAT} a CES függvény szintparamétere, b_r^{ITOT} a regionális beruházások ($ITOT_r$) részesedési paramétere, míg ρ^{INAT} a helyettesítési paraméter. A CES függvényből levezethető regionális beruházási keresleti függvény ekkor az alábbiak szerint írható fel:

$$ITOT_r = \left(\frac{PINAT}{PITOT_r} \right)^{\sigma^{INAT}} \cdot (b_r^{ITOT})^{\sigma^{INAT}} \cdot (d^{INAT})^{\sigma^{INAT}-1} \cdot INAT \quad (18)$$

Ahol $PITOT_r$ az aggregált regionális beruházás árindexe, σ^{INAT} pedig a helyettesítési rugalmasság.

A következő szinten az aggregált regionális beruházási keresletet ($ITOT_r$) (háztartások fogyasztásának modellezésével azonos módon) egy beágyazott CES függvény szabályozza, amely a regionális hazai (I_r) és import (IIM_r) beruházást aggregálja.

$$ITOT_r = d_r^{ITOT} \cdot \left[b_r^I \cdot (I_r)^{\rho_r^{ITOT}} + b_r^{IIM} \cdot (IIM_r)^{\rho_r^{ITOT}} \right]^{\frac{1}{\rho_r^{ITOT}}} \quad (19)$$

Ahol d_r^{ITOT} a CES függvény szintparamétere, b_r^I és b_r^{IIM} paraméterek pedig a hazai és az importált beruházások részesedési paraméterei, végül ρ_r^{ITOT} a függvény exogén helyettesítési rugalmassági paramétere. Az adott aggregált beruházáshoz tartozó költség minimalizálása révén, a fenti CES függvény korlátként történő figyelembevételével levezethetők az optimális keresleti függvények:

$$I_r = \left(\frac{PITOT_r}{PI_r} \right)^{\sigma_r^{ITOT}} \cdot (b_r^I)^{\sigma_r^{ITOT}} \cdot (d_r^{ITOT})^{\sigma_r^{ITOT}-1} \cdot ITOT_r \quad (20)$$

$$IIM_r = \left(\frac{PITOT_r}{PIM} \right)^{\sigma_r^{ITOT}} \cdot (b_r^{IIM})^{\sigma_r^{ITOT}} \cdot (d_r^{ITOT})^{\sigma_r^{ITOT}-1} \cdot ITOT_r \quad (21)$$

Ahol PI_r a hazai beruházás árindexe, PIM az import árindexe, míg σ_r^{ITOT} az import és hazai beruházás közötti helyettesítés rugalmassága.

A következő szinten a hazai regionális beruházás a regionális ágazati beruházások ($IR_{r,i}$) kompozitjaként szintén egy CES függvény szerint adódik:

$$I_r = d_r^I \cdot \left[\sum_i b_{r,i}^{IR} \cdot (IR_{r,i})^{\rho_r^I} \right]^{\frac{1}{\rho_r^I}} \quad (22)$$

Ahol d_r^I a CES függvény szintparamétere, $b_{r,i}^{IR}$ a részesedési paraméter, ρ_r^I pedig az exogén helyettesítési paraméter. Az előzőekkel analóg módon ismét levezethetők az optimális beruházási kereslet ágazati függvényei:

$$IR_{r,i} = \left(\frac{PI_r}{PI_{IR_{r,i}}} \right)^{\sigma_r^I} \cdot (b_{r,i}^{IR})^{\sigma_r^I} \cdot (d_r^I)^{\sigma_r^I-1} \cdot I_r \quad (23)$$

Ahol $PIR_{r,i}$ a regionális ágazati beruházás árindexe, σ_r^I pedig az ágazati beruházások helyettesítési rugalmasságát jelöli.

2. Az ágazati tőkeakkumuláció modellezésének lehetőségei

A tőkeakkumuláció ágazati szinten történő felírása a beruházási döntések ágazati szintre történő vetítését igényli. Ebben a szekcióban ennek a módszertani megoldásait tekintjük át röviden.

A fizikai tőkét értelmezhetjük a megtermelt (befektetési) javak állományaként, (amely iparáganként eltérő összetételű is lehet), ekkor már nem feltételezhető, hogy a tőke szektorok és régiók között relatíve mobil, hiszen egyfelől a fizikai tőkét térben meglehetősen nehézkes szállítani, másfelől egészen másfajta eszközök és berendezések lehetnek szükségesek a különböző ágazatok működtetéséhez. Ezek miatt alkalmasabb azt feltételezni, hogy a tőke telepítése után egy adott időn belül immobil (putty-clay feltételezés). Ez a feltevés azt vonja maga után, hogy az ágazati beruházási döntések határozzák meg az ágazati tőkefelhalmozódás mértékét és azt nem (vagy csak korlátozott mértékben) képes befolyásolni a tőke mobilitása. Az erre a feltevésre épülő modellekben tehát szükséges meghatározni a beruházások optimális allokációját (célágazat szerint).

A beruházások optimális ágazati allokációja intertemporális döntések meghozatalát igényli, hiszen ezesetben a befektetések azokba az iparágakba áramlanak, ahol a beruházás várható határhaszna magasabb, mint annak a határköltsége. A komplex intertemporális CGE modellek létrehozását azonban erősen korlátozza az elérhető adatok állománya, emiatt pedig tipikusan kényyszerű egyszerűsítéseket tartalmaznak e modellek (Dervis et al., 1982).

Jelen tanulmány elsődleges fókuszában a beruházási döntések és folyamatok valóságghűbb modellezésére törekszünk kiemelt figyelmet szentelve a regionális és ágazati dimenziók kellő részletességének. Ez azt jelenti, hogy a tanulmányban azokra a módszertani megoldásokra fókuszálunk, amelyek rekurzív-dinamikus CGE modell esetében is alkalmazhatók. Ezáltal érdemben csökkenthető egyfelől a modell bonyolultsági foka, a megoldáshoz szükséges számítási kapacitás, valamint a kalibráláshoz elengedhetetlen adatok köre.

A befektetési viselkedés modellezésekor tehát a kulcskérdés a megfelelő allokációs függvény kiválasztása és érzékenységének beállítása. Kőistková (2010) alapján az allokáció két rekurzív-dinamikus környezetben legelterjedtebb módját vesszük figyelembe: 1) arányos (lineáris) felosztás, 2) a Tobin-féle q (vagy a hasonló elven működő ágazati nyereség alapján).

2.1. Lineáris allokáció

Amennyiben a tőkeállomány immobil a régiók és az iparágak között, úgy a tőkefelhasználás egyetlen módja az ágazati szintű beruházás és tőkefelhalmozás. Ezt az allokációt a legegyszerűbb esetben egy arányos felosztás végezheti, amely a rendelkezésre álló megtakarítási összeget, vagy beruházási forrást osztja szét az egyes ágazatok, régiók között.

Ekkor az elosztás végző arányszám az alábbiak szerint kalibrálandó:

$$sk_{r,i,t} = \frac{K_{r,i,t}}{\sum_{r,i} K_{r,i,t}} \quad (24)$$

ahol $sk_{r,i,t}$ az i iparág tőkeállományának ($K_{r,i,t}$) részesedése az r régiókban az országos tőkeállományon (KN) belül. Ezt felhasználva az országosan rendelkezésre álló beruházási forrás felosztása az alábbi egyenlet alapján végezhető el:

$$IND_{r,i} = sk_{r,i,t} \cdot INAT = \frac{si_{r,i,t} \cdot \{INVNAT + (\sum_{r,i} (1 + tcomCIV_{r,i}) \cdot PD_{r,i} \cdot CIV_{r,i} - \sum_r PIM \cdot CIVM_r)\}}{PINAT} \quad (25)$$

Ahol $IND_{r,i,t}$ az ágazati szinten definiált beruházási nagyság, $INVNAT_t$ az országos beruházások nominális összege. A fenti két képletből látható, hogy a lineáris elosztás azt jelenti, hogy a beruházás hatására az ágazati tőkeállományok (egységes amortizációs rátát feltételezve) ugyanazon növekedési ráta mellett bővülnek, vagyis e tekintetben ágazatok között semleges az elosztás.

A részarány tehát minden időszakban frissül az aktuális tőkenagyságok alapján, ezek pedig a részarány, valamint az aggregált beruházás függvényében a következő időszakban változnak majd meg⁴. A tőkefelhalmozás azonban ez esetben már az ágazati szinten történik, vagyis a tőkeakkumulációt vezérlő egyenletet ezen a szinten szükséges felírni az alábbiak szerint:

$$K_{r,it,t+1} = IND_{r,i,t} + (1 - \rho_{r,it}) \cdot K_{r,it,t} \quad (26)$$

Ebben az egyenletben $IND_{r,it}$ tehát azt mutatja meg, hogy mennyi új (kompozit) beruházási jószág kerül felhasználásra tőkeként az adott i ágazatban a következő periódustól kezdődően (i ágazati bruttó beruházás). Fontos, hogy ez nem összekeverendő a GMR modellben eddig is használt $IR_{r,i}$ beruházási kereslettel, amely viszont azt mutatja meg, hogy a beruházások megvalósításához milyen típusú (ágazati) jószágokat vásárolnak a gazdaságban. Lényegében e két változó ragadja meg a beruházások cél- és származási ágazati aspektusát.

Ez a megközelítés meglehetősen egyszerűvé és kevésbé erőforrásigényessé teszi a modell felépítését és megoldását, ugyanakkor elméleti megalapozását tekintve nem alkalmas a beruházási döntések szofisztikált szimulálására.

2.2. Beruházás Tobin-féle q alapján

A CGE modellek nagy része a befektetési döntéseinek modellezése során a Tobin-féle q érték alapján határozzák meg, hogy a befektetők mely ágazatok felé szándékoznak tőkéjüketallokálni, ezáltal pedig meghatározhatóvá válik beruházások cél szerinti dimenziója (Decaluwé et al, 2013). Az alapelv szerint a befektetők egy szektor megtérülési rátáját és tőkéjének pótlási költségét viszonyítják más szektorok hasonló értékeihez. Ha a megtérülés és a pótlási költség hányadosa (q érték) nagyobb, mint egységnyi, akkor a szektorba megéri befektetni, továbbá minél nagyobb ez a hányados más ágazatokhoz képest, annál inkább több befektetést vonzani az adott ágazat. A befektetőknek tehát e két oldalt szükséges mérlegelniük. E folyamat modellezéséhez azonban új fogalmak és változók bevezetésére van szükség. A tőke árának korábban alkalmazott egyszerű koncepcióját szükséges elvetni.

A *bevételi oldalon* a tőke bérleti díja (rental rate) az az összeg amelyet a vállalatoknak az adott tőkejószág termelésbe vonásáért cserébe kell fizetniük ($RK_{r,i}$). A GMR-ben korábban használt tőke ára ($PK_{r,i}$) nagyjából ezzel a fogalommal azonos, amelynek kiszámítási módja az alábbiként írható fel a termelési függvény alsó szintjén definiált zéró-profit feltétel alapján:

$$RK_{r,i} = \frac{PVA_{r,i} \cdot VA_{r,i} - PL_{r,i} \cdot L_{r,i}}{K_{r,i}} \quad (27)$$

Ahol $PVA_{r,i}$ a hozzáadott érték árindexe, $VA_{r,i}$ a hozzáadott érték volumene.

A *kiadási oldalon* azonban elsőként azt szükséges definiálni, hogy milyen költséget jelent egy egység tőke pótlása, megvásárlása. Ez tulajdonképpen egy új egység tőke előállítását jelenti,

⁴ Ez azt jelenti, hogy a rekurzív dinamikus modell statikus időszakán belül az ágazati tőkeállomány tehát nem változó, hanem exogén paraméter, amelynek értékét a statikus időszakokat összekötő rekurzív dinamika adja.

ami beruházási javak vásárlását igényli. A kompozit beruházási jóság országos árindexe (*PINAT*) mutatja meg, hogy aggregált szinten egy új egység tőke mennyibe is kerül.

A tőke *pótlási költsége* azonban nem elegendő az összes gazdasági költség, ún. *használati költség* számszerűsítéséhez. E költség a pótláson felül tartalmazza az alternatív befektetésekből származó potenciálisan elvesztett hasznot (lehetőségeköltséget), amelyet a kamatláb reprezentál, valamint a tőke amortizációjából származó addicionális veszteséget. Mindezek figyelembevételével egy egység tőke használati költsége ($UC_{r,i}$) az alábbiaként írható fel:

$$UC_{r,i} = PINAT \cdot (\delta_{r,i} + ir) \quad (28)$$

ahol $\delta_{r,jt}$ az értékcsökkenési ráta és ir a kamatláb. Valójában a tőke használati költsége az eszköz finanszírozási költségét méri, vagyis a kamatfizetés (alternatívaköltséget), valamint az eszköz egy év alatt történő amortizációjának pótlási költségét, amelyet az amortizációs ráta jelenít meg (OECD, 2009). A használati költség tehát egy egység tőke használatba állításának összes költségét mutatja meg.

A racionális háztartások tehát a tőke bérbeadása után kapott bérleti díjat ($RK_{r,i}$) vetik össze a tőke használatba vételének költségével ($UC_{r,i}$). Amennyiben az előző magasabb, úgy a tőkébe való beruházás és annak bérbeadása nyereséges döntésnek bizonyul. Ezt az $RK_{r,i} / UC_{r,i}$ hányadost szokás a Tobin-féle q értéknek nevezni, amely tehát ha 1-nél magasabb, akkor vonzó az adott ágazat befektetési szempontból. Minél magasabb ez az érték annál inkább. Egyensúlyban ezen hányados értéke minden ágazat esetében egyenlő kell, legyen, így a háztartások indifferensek atekintetben, hogy mely ágazatba fektetik tőkéjüket.

Ekkor a célágazat szerint vett beruházások nagysága az alábbi általános egyenlet szerint adható meg:

$$\frac{Ind_{r,i,t}}{K_{r,i,t}} = A_{r,i} \cdot \left(\frac{RK_{r,i,t}}{U_{r,t}} \right)^{\beta_{r,i}} \quad (29)$$

Ahol az egyenlet bal oldalán az ágazati tőke bruttó növekedési rátája áll, amelyet tehát alapvetően a Tobin-féle q érték határoz meg. Az egyenlet két paramétert tartalmaz: $A_{r,i}$ a egyenlet kalibrált szintparamétere, $\beta_{r,i}$ pedig a tőke növekedési rátájának q értékhez mért érzékenysége, amelynek értékét tipikusan az irodalom által elfogadott értékek kölcsönvétele révén számszerűsítik a modellek. Sok CGE modell hasonló elvek mentén kissé más formában ábrázolja a befektetési döntéseket. A közös feltételezésük viszont az, hogy a befektetők olyan szektorokba (vagy régiókba) osztják el erőforrásaikat, ahol a profit magasabb (az átlagosnál) (pl. Abbink et al. (1995), Xu (2012), Kunimitsu (2012), Hosoe (2012), Dai et al. (2016)).

Ezzel a három új egyenlettel és változóval definiálhatóvá válik a beruházások célágazati dimenziója is, ugyanakkor ezen a ponton nem garantálja semmi, hogy az összes megtakarítás, vagy a beruházások forráságazati dimenziója összhangban van-e vele. Modellezési döntés kérdése, hogy e megfeleltetési feltételt szigorúan előírjuk, vagyis elvárjuk, hogy a megtakarítások finanszírozzák a beruházásokat, vagy feltételezések mentén áthidaljuk a problémát. Lecce et al. (2018) példájában feltételezi, hogy a beruházások és megtakarítások a Keynes-i típusú modelleket követik, vagyis a beruházási és megtakarítási döntések egymástól függetlenül határozódnak meg a modellben és az egyes régiókban esetlegesen megképződő addicionális beruházási igényt külső források elégítik ki, így a folyó fizetési mérleg eszerint fog alakulni, vagyis egy automatizmus révén teljesül az aggregált megtakarítások és beruházások egyezősége.

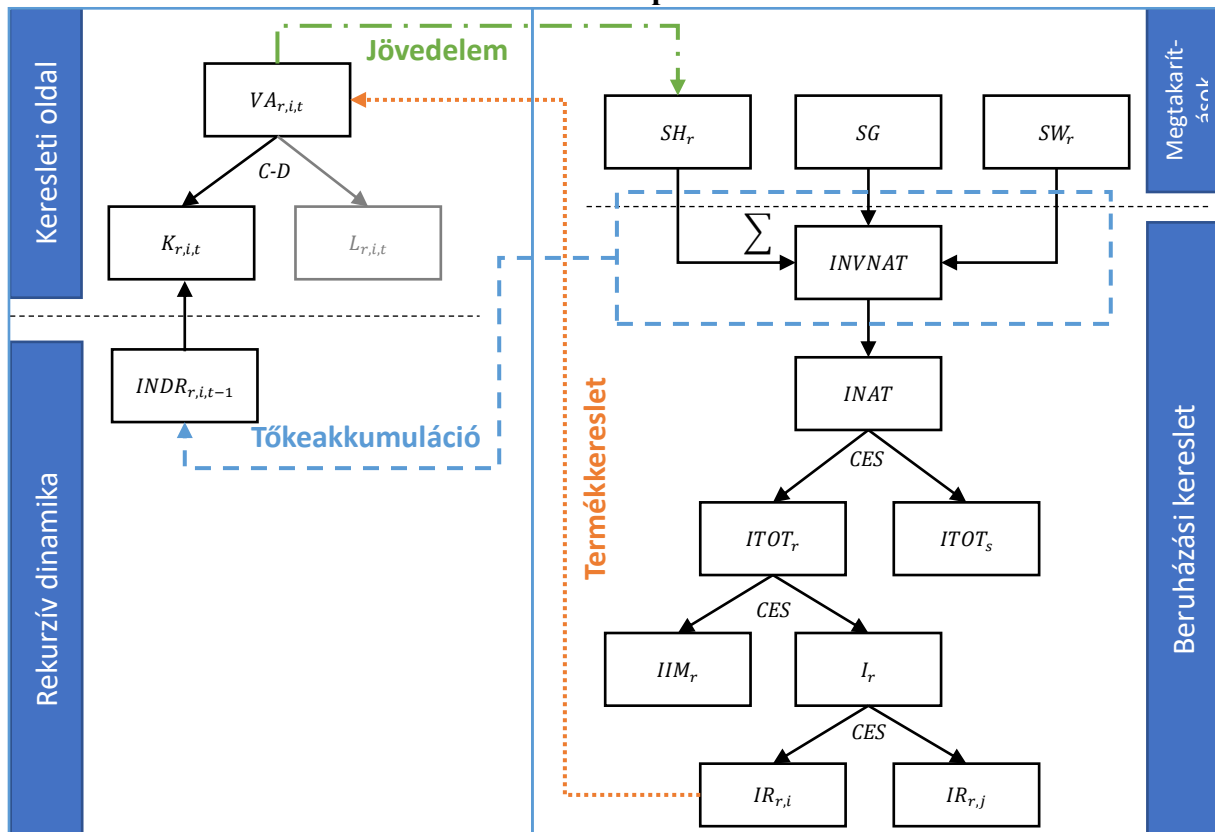
3. Az ágazati tőkeakkumuláció és az ágazati beruházási javak kereslete

A cél és forráságazati felbontású beruházások közötti kapcsolat alapvetően kétféle lehet. Egyfelől a kettő között *direkt* megfeleltetést tehetünk, vagyis konkrétan megadható, hogy egy egységnyi i ágazati beruházáshoz milyen arányban szükséges vásárolni különböző típusú (ágazati) beruházási javakat. Ekkor expliciten megkülönböztethetővé válik, hogy az egyes ágazatok tőkéjének növeléséhez milyen specifikus javak szükségesek. Ugyanakkor ez az eljárás megkívánja a cél- és forráságazati beruházások regionális és ágazatközi felbontását is, amely adat tipikusan nem áll rendelkezésre statisztikai adatbázisokban, így becsülni szükséges.

Ennél egyszerűbb megoldás a két oldal *indirekt* összekapcsolása, amely során csak az biztosított, hogy a megtakarítások finanszírozzák a beruházások mindkét aspektusát, így konzisztens marad a teljes rendszer, azt azonban nem mutatja meg, hogy az egyes ágazatok tőkéjének növeléséhez milyen specifikus javak szükségesek. A mögöttes feltevés ekkor az, hogy minden ágazat valamilyen kompozit beruházási jószág felhasználásával növeli a tőkeállományát, vagyis e modell csupán arra alkalmas, hogy finomabban modellezze az ágazati beruházások döntési mechanizmusát, de a beruházások ágazatközi jellegének ábrázolására nem.

Ebben a fejezetben röviden megmutatjuk, hogy milyen módon kapcsolódhat össze az ágazati tőkeakkumuláció és a beruházási javak kereslete. A fejezet első felében a két fogalom közvetett kapcsolódását mutatjuk meg, amely során nem határozható meg, hogy az ágazati tőkeállomány bővítéséhez pontosan milyen beruházási javak szükségesek. A fejezet második felében pedig megmutatjuk a közvetlen kapcsolatot, amely során a szükséges beruházási javak is azonosíthatók.

2. ábra: a beruházások modellezése indirekt kapcsolat esetében



Forrás: saját szerkesztés

3.1. A beruházások cél- és forráságazati dimenziójának indirekt összekapcsolása

Az indirekt megfeleltetés legegyszerűbb megoldása az lehet, ha a célágazati beruházások volumene helyett azok részarányait határozzuk meg. Majd ezt követően e részarányok segítségével osztjuk el az összes rendelkezésre álló megtakarítást az ágazatok között célágazati beruházásként. Ezzel tehát teljesül a beruházások és megtakarítások, valamint a kétféle beruházás közötti konzisztencia. Ekkor a beruházások ágazati részarányát a következőképp határozhatjuk meg:

$$\vartheta_{r,i} = \frac{Ind_{r,i}}{\sum_{q,j} Ind_{q,j}} \quad (30)$$

Ezen részarány felhasználásával pedig felosztható ágazatok között az országosan rendelkezésre álló összes megtakarításokból álló beruházási forrás:

$$InvD_{r,i,t} = \vartheta_{r,i,t} \cdot \frac{INVNAT + (\sum_{r,i} (1 + t_{com} CIV_{r,i}) \cdot PD_{r,i} \cdot CIV_{r,i} - \sum_r PIM \cdot CIVM_r)}{PINAT} \quad (31)$$

Ahol az indirekt link feltevése szerint minden régió minden ágazata ugyanolyan kompozit beruházási jószág vásárlásával képes bővíteni a tőkeállományát, amely jószág árindexe egységesen $PINAT$. A származási oldal modellezése ugyanakkor a korábbiaknak megfelelő módon a 15-23 egyenletek szerint határozódik meg. Az indirekt kapcsolódás sematikus struktúráját a 2. ábra szemlélteti.

3.2. A beruházások cél- és forráságazati dimenziójának direkt összekapcsolása

A beruházások két oldalának közvetlen, direkt összekapcsolása során tehát a modell képes megmutatni, hogy az egyes szektorok tőkeállományának bővítése milyen beruházási jószágok vásárlását igényli. Ez a komplexebb kapcsolatrendszer a hatások egy újabb körét emeli a modellbe, ugyanis nyomon követhetővé válik, hogy az egyes ágazatok tőkeállományának (természetes, vagy mesterséges (szakpolitika által indukált)) növekedése milyen beruházási jószágok keresletében miként csapódik le, valamint az is, hogy ezek az addicionális keresleti elemek miként hatnak a régióban és az azon kívül működő ágazatokra. Vagyis sokkal pontosabban megmutatható, hogy az adott ágazat támogatása mekkora tovagyrűző hatásokat fog generálni az adott térségben. Ez a szofisztikált ábrázolási mód azonban megköveteli részletes adatok gyűjtését, amelyen a komplex kapcsolatrendszer kalibrálható.

A direkt összekapcsolás modellezési oldalról azt jelenti, hogy a korábbi modellstruktúra jelentősen változni fog. A beruházások forráságazati meghatározása ugyanis ekkor már nem az országos összes megtakarítást ($INVNAT$) bontja fel regionális, hazai-import és ágazati dimenziók szerint, hanem a beruházások célágazati változóját ($InvD_{r,i}$) bontja le hazai-import, valamint forráságazati dimenziókra. A direkt kapcsolódás esetében adódó modellszerkezet felépítését a 3. ábra szemlélteti.

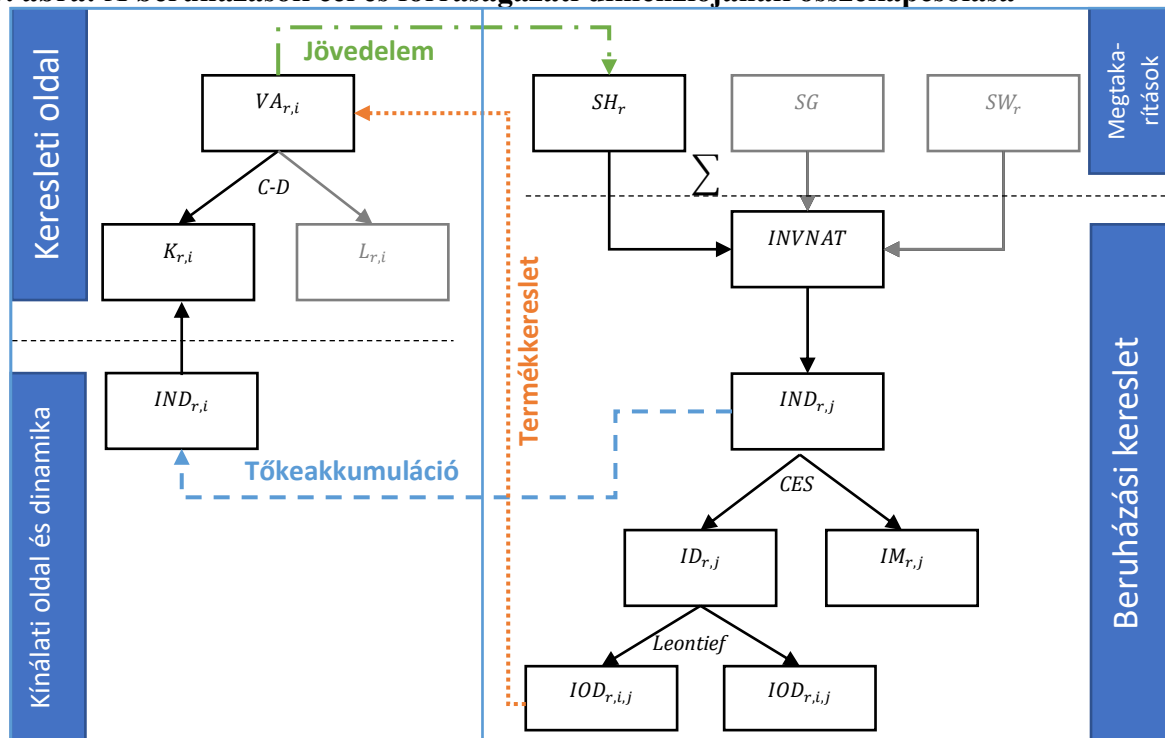
Ebben a modellstruktúrában a korábbi 15-23 egyenletek módosításra szorulnak. Ezeket a következőkben ismertetésre kerülő egyenletek fogják kiváltani, amelyek a célágazati beruházásokat lebontják hazai-import, valamint forráságazati dimenziók szerint. Ezt pedig egy kétszintű CES-típusú beágyazott keresleti függvény segítségével valósítjuk meg.

A felső szinten a regionális célágazati beruházási nagyság ($IndD_{r,i}$) hazai ($ID_{r,i}$) és importberuházási (IM_r) kereslet aggregátumaként kerül felírásra:

$$IndD_{r,i} = d_{r,i}^{IndD} \cdot \left[b_{r,i}^{ID} \cdot (ID_{r,i})^{\rho_r^{IndD}} + b_{r,i}^{IM} \cdot (IM_{r,i})^{\rho_{r,i}^{IndD}} \right]^{\frac{1}{\rho_{r,i}^{IndD}}} \quad (32)$$

Ahol $d_{r,i}^{InDD}$ a CES függvény szintparamétere, $b_{r,i}^{ID}$ és $b_{r,i}^{IM}$ paraméterek pedig a hazai és az importált beruházások részesedési paraméterei, végül $\rho_{r,i}^{InDD}$ a függvény exogén helyettesítési rugalmassági paramétere.

3. ábra: A beruházások cél és forráságazati dimenziójának összekapcsolása



Forrás: saját szerkesztés

Az adott célágazati összeruházáshoz tartozó költség minimalizálása révén, a fenti CES függvény korlátként történő figyelembevételével levezethetők az optimális keresleti függvények:

$$ID_{r,i} = \left(\frac{P_{invD_{r,i}}}{PI_{r,i}} \right)^{\sigma_{r,i}^{InDD}} \cdot (b_{r,i}^{ID})^{\sigma_{r,i}^{InDD}} \cdot (d_{r,i}^{InDD})^{\sigma_{r,i}^{InDD}-1} \cdot InvD_{r,i} \quad (33)$$

$$IM_{r,i} = \left(\frac{P_{invD_{r,i}}}{PIM} \right)^{\sigma_{r,i}^{InDD}} \cdot (b_{r,i}^{IM})^{\sigma_{r,i}^{InDD}} \cdot (d_{r,i}^{InDD})^{\sigma_{r,i}^{InDD}-1} \cdot InvD_{r,i} \quad (34)$$

Ahol PI_r a hazai beruházás árindexe, PIM az import árindexe, míg σ_r^{ITOT} az import és hazai beruházás közötti helyettesítés rugalmassága. Ahol a célágazatspecifikus beruházási árindex az alábbi zéró-profit feltételből adódik:

$$P_{invD_{r,i}} = PI_{r,i} \cdot \frac{ID_{r,i}}{InvD_{r,i}} + PIM \cdot \frac{IM_{r,i}}{InvD_{r,i}} \quad (35)$$

A direkt kapcsolat esetében azonban szükségszerű, hogy minden célágazati beruházás saját árindexszel rendelkezzen, hiszen minden ágazat más és más kompozit beruházási jóságot fog vásárolni a tőkeállományának bővítéséhez, amelyeket így eltérő árindex ($P_{invD_{r,i}}$) fog jellemezni. Ezért a korábban felírt 31 egyenletet ezzel az árindexszel szükséges módosítani:

$$InvD_{r,i,t} = \frac{\vartheta_{r,i,t} \cdot INVNAT + (\sum_{r,i} (1 + t_{com} CIV_{r,i}) \cdot PD_{r,i} \cdot CIV_{r,i} - \sum_r PIM \cdot CIV_M_r)}{P_{invD_{r,i}}} \quad (36)$$

A következő szinten a hazai regionális beruházás a regionális célágazati beruházások ($IOD_{r,j,i}$) kompozitjaként szintén egy CES függvény szerint adódik:

$$ID_{r,i} = d_{r,i}^{ID} \cdot \left[\sum_j b_{r,j,i}^{IOD} \cdot (IOD_{r,j,i})^{\rho_{r,i}^{ID}} \right]^{\frac{1}{\rho_{r,i}^{ID}}} \quad (37)$$

Ahol $d_{r,i}^{ID}$ a CES függvény szintparamétere, $b_{r,j,i}^{IOD}$ a részesedési paraméter, $\rho_{r,i}^{ID}$ pedig az exogén helyettesítési paraméter. Az előzőekkel analóg módon ismét levezethetők az optimális beruházási kereslet ágazati függvényei:

$$IOD_{r,j,i} = \left(\frac{PID_{r,i}}{PIR_{r,j}} \right)^{\sigma_{r,i}^{ID}} \cdot (b_{r,j,i}^{IOD})^{\sigma_{r,i}^{ID}} \cdot (d_{r,i}^{ID})^{\sigma_{r,i}^{ID}-1} \cdot ID_{r,i} \quad (38)$$

Ahol $PIR_{r,i}$ a regionális ágazati beruházási termékek árindexe, amely a modell eredeti formájában határozódik meg, $\sigma_{r,i}^{ID}$ pedig az ágazati beruházások helyettesítési rugalmasságát jelöli.

Az $PID_{r,i}$ hazai célágazati árindex a zéró-profit feltétel alapján adódik:

$$PID_{r,i} = \sum_j PIR_{r,j} \cdot \frac{IOD_{r,j,i}}{ID_{r,i}} \quad (39)$$

A célágazati dimenzió bevezetésével azonban (bármely módszert is választjuk) megváltozik a tőkeállomány és a jövedelmek közötti kapcsolat is. A korábbi háztartások által birtokolt befektetési tőkeállomány (KS_r) kivezetésével, valamint az országos tőkepiac feltevésének elvetésével a háztartások már nem azonos megtérülés mellett szereznek jövedelmet az országos tőkepiacról. Ekkor gyakori, hogy a modellek azt a hagyományos feltevést alkalmazzák, mely szerint az adott régióban működő ágazatokban működő tőke által termelt jövedelem az adott térség háztartásaihoz kerül kiutalásra. Ez a megoldás kétségkívül egyszerű, ugyanakkor főként regionális modellek esetében megkérdőjelezhető tarthatósága. Ezen feltevés mellett a jövedelmi egyenlet az alábbi alakra módosul:

$$YH_r = PLR_r \cdot LS_r + \sum_i PK_{r,i} \cdot K_{r,i} \quad (40)$$

Ha azonban fenn kívánjuk tartani, hogy a tőkepiaci jövedelmek akkor a 13 és 14 egyenletek visszavezetésével újra definiálható a háztartások által birtokolt befektetési tőke akkumulációja:

$$KS_{r,t+1} = (1 - \delta) \cdot KS_{r,t} + SavR_{r,t} \quad (41)$$

$$SavR_{r,t} = SH_r + SavG_r \cdot SG + SW_r \quad (42)$$

Ekkor tehát azt feltételezzük, hogy az országos tőkepiacon megképződő jövedelemből minden regionális háztartás annak arányában részesül, amekkora befektetési tőkeállománnyal rendelkezik, vagyis egységnyi tőke jövedelme térségenként nem változik. Ekkor a háztartások jövedelmi egyenlete az alábbiaként adódik:

$$YH_r = PLR_r \cdot LS_r + \frac{KS_r}{\sum_r KS_r} \cdot \sum_{r,i} PK_{r,i} \cdot K_{r,i} \quad (43)$$

4. Összefoglalás és további feladatok

Jelen tanulmányban feltérképezte a tőkeakkumuláció és a beruházási döntések CGE modellekben elterjedt modellezési lehetőségeit és konkrét javaslatokat és megoldási módszereket fogalmazott meg a GMR-Magyarország modell továbbfejlesztésére vonatkozóan.

A szakirodalmi áttekintés alapján két fő módszertani csoport rajzolódott ki. 1) a megtakarítások egyszerű arányos szétosztása ágazatok között, valamint 2) a Tobin-féle q értéken alapuló befektetési döntések szerinti beruházások. Továbbá megkülönböztethetők a modellek aszerint is, hogy milyen módon kapcsolják össze az ágazati tőkeakkumulációt és az ágazati beruházási keresletet. Eszerint közvetett és közvetlen kapcsolat is létesíthető a két oldal között. Közvetett kapcsolat esetében nem határozható meg, hogy az ágazati tőkeállomány bővítéséhez pontosan milyen beruházási javak szükségesek. Direkt kapcsolat esetében azonban megmutatható, hogy az egyes szektorok tőkeállományának bővítése milyen beruházási jóságok vásárlását igényli. Ez a komplexebb kapcsolatrendszer ugyanakkor a hatások egy újabb körét emeli a modellbe, ugyanis nyomon követhetővé válik, hogy az egyes ágazatok tőkeállományának (természetes, vagy mesterséges (szakpolitika által indukált) növekedése) milyen beruházási jóságok keresletében miként csapódik le, valamint az is, hogy ezek az addicionális keresleti elemek miként hatnak a régióban és az azon kívül működő ágazatokra. Vagyis sokkal pontosabban megmutatható, hogy az adott ágazat támogatása mekkora tolvagyűrűző hatásokat fog generálni az adott térségben.

A modellfejlesztési javaslatok kidolgozásakor a szakirodalom alapján elkülönített 2-2 irány minden kombinációjára kínáltunk megoldási módot. Attól függően, hogy a modellező milyen részletes adatokhoz fér hozzá, valamint, hogy milyen hatásmechanizmusok integrálása szükséges a hatásvizsgálat elvégzéséhez. Ezek alapján megmutattuk, hogy mind az arányos szétosztáson, mind a Tobin-féle q értéken alapuló modellvariánsok felírhatók akár direkt, akár indirekt kapcsolatot tételezünk fel az ágazati tőkeakkumuláció és az ágazati beruházási kereslet között.

A modellfejlesztés következő lépésében a szükséges adatok (beruházási mátrix) becslése, valamint a modell kódjainak elkészítése, a modell új egyenleteinek kalibrálása, valamint az elkészült modell érzékenységvizsgálata, valamint tesztelése szükséges, amely lépések révén megbizonyosodhatunk afelől, hogy a modell fejlesztése megfelelően zajlott és az eredmények a várakozásoknak megfelelően, az intuíciónak nem ellentmondóan alakulnak.

Irodalomjegyzék

Abbink, G. A., Braber, M. C. and Cohen, S. I. (1995): A SAM-CGE demonstration model for Indonesia: static and dynamic specifications and experiments. *International Economic Journal*, Vol. 9, No. 3, pp. 15-33.

Atuesta, L.-Hewings, G. (2013): Economic welfare analysis of the legalization of drugs: A CGE microsimulation model for Colombia. *Economic Systems Research*, Vol. 25. No. 2. 190-211. o. <https://doi.org/10.1080/09535314.2012.728130>

Babiker, Mustafa, Angelo Gurgel, Sergey Paltsev and John Reilly (2009): Forward-looking versus recursive dynamic modelling in climate policy analysis: A comparison. *Economic Modelling*, Vol. 26, pp. 1341-1354.

Bayar, A. (2007) Simulation of R&D Investment Scenarios and Calibration of the Impact on a Set of Multi-Country Models. European Commission DG JRC Institute for Prospective Technological Studies (IPTS).

Bhattarai, Keshab (2007): Capital Accumulation, Growth and Redistribution: General Equilibrium Impacts of Energy and Pollution Taxes in UK. Working Paper, Centre for Economic Policy, University of Hull Business School.

Dai, Hancheng, Xuxuan Xie, Yang Xie, Jian Liu, Toshihiko Masui (2016): Green growth: The economic impacts of large-scale renewable energy development in China. *Applied Energy*, Vol. 162, pp. 435-449.

Decaluwé, Bernard, André Lemelin, Véronique Robichaud and Héléne Maisonnave (2013): PEP-1-T: the PEP standard single-country recursive dynamic CGE model. Partnership for Economic Policy. Working Paper.

Dervis, Kemal, Jaime de Melo and Sherman Robinson (1982): General Equilibrium models for development policy, A World Bank Research Publication, Press Syndicate of the University of Cambridge, ISBN 0-8213-1274-X.

ESRI (2002): An Examination of the ex-post macroeconomic impacts of CSF 1994-1999 on Objective 1 countries and regions.

Fujita, M. - Kugman, P. R. - Venables, A. J. (1999): The spatial economy: cities, regions and international trade. Wiley Online Library.

Hosoe, Nobuhiro (2014): Japanese manufacturing facing post-Fukushima power crisis: a dynamic computable general equilibrium analysis with foreign direct investment. *Applied Economics*, Vol. 46, No. 17, pp. 2010-2020.

Kořtková, Zuzana (2010): Approaches to the Dynamization of the CGE Model Applied to the Czech Republic. *Emerging Markets Finance & Trade*, Vol. 46, pp. 59-82.

Krugman, P. [1991]: Increasing Returns and Economic Geography. *Journal of Political Economy*, Vo. 99. No. 3. 483-499. o. doi: 10.2307/2937739

Kunimutstu, Yoji (2012): A Dynamic Computable General Equilibrium (CGE) Model for Analysis of Rural Development Policies, Laboratory of Project Evaluation, Rural Development Planning Division.

Lecce, P. – Barbero, J. – Christensen, M. A. – Conte, A. – Di Comite, F. - Diaz-Lanchas, J. – Diukanova, O. – Mandras, G. – Persyn, D. – Sakkas, S. (2018): RHOMOLO V3: A Spatial Modelling Framework. EUR 29229 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, ISBN 978-92-79-85886-4, doi:10.2760/671622, JRC111861.

Lemelin, André (2007): Bond indebtedness in a recursive dynamic CGE model. Cahier de recherche/ Working Paper 07-10.

OECD (2009): Measuring capital: Measurement of capital stocks, consumption of fixed capital and capital services, OECD Manual, Second Edition.

Paltsev, Sergey, John M. Reilly, Henry D. Jacoby, Richard S. Eckaus, James McFarland, Marcus Sarofim, Malcolm Asadoorian and Mustafa Babiker (2005): The MIT Emissions Prediction and Policy Analysis (EPPA) Model: Version 4. MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change. Report No 125.

Ratto, M., Roeger, W., in't Veld, J. (2009) QUEST III: An estimated open-economy DSGE model of the euro area with fiscal and monetary policy. *Economic Modelling* 26, 222-233.

Schalk, Hoakim – Varga Attila (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.

Szabó Norbert (2021): Az intelligens szakosodási stratégia gazdasági hatásainak számszerűsítése: térbeli CGE modell alkalmazása a prioritizáció folyamatában. PhD értekezés. PTE KTK Regionális Politika és Gazdaságtan Doktori Iskola.

Varga Attila - Baypinar, Mete (2016): Economic impact assessment of alternative European Neighborhood Policy (ENP): options with the application of the GMR-Turkey model. *The Annals of Regional Science*, Vol. 56. 153-176. o. <http://dx.doi.org/10.1007/s00168-015-0725-6>

Varga Attila - Sebestyén Tamás - Szabó Norbert - Szerb László (2020a): Estimating the economic impacts of knowledge network and entrepreneurship development in smart specialization policy. *Regional Studies*, Vol. 54. No. 1. 48-59. o. DOI: 10.1080/00343404.2018.1527026

Varga Attila – Szabó Norbert – Sebestyén Tamás – Farkas Richárd – Szerb László. – Komlósi Éva – Járosi Péter – Andor Krisztina – Csajkás Anna (2020c): The GMR-Hungary multiregion – multisector economic impact model. RIERC Research Report 2020-01. Regional Innovation and Entrepreneurship Research Center. PTE, Pécs.

Varga Attila - Szabó Norbert - Sebestyén Tamás (2020b): Economic impact modeling of smart specialization policy: Which industries should prioritization target? *Papers in Regional Science* Vol. 99, 1367-1388. o.

Varga Attila (2007): GMR-Hungary: A complex macro-regional model for the analysis of development policy impacts on the Hungarian economy. PTE KTK KRTI Working Papers (2007/4).

Varga Attila (2017): Place-based, Spatially Blind, or Both? Challenges in Estimating the Impacts of Modern Development Policies: The Case of the GMR Policy Impact Modeling Approach. *International Regional Science Review*, Vol. 40. No. 1. pp. 12-37. <https://doi.org/10.1177/0160017615571587>

Xu, Yan (2012): Carbon tax or cap-and-trade: a computable general equilibrium analysis of Chinese economy. *EconModels*, March.