

RIERC Regional
Innovation and Entrepreneurship
Research Center

RESEARCH REPORTS

2022-02

Cím: A munkaező képzettségi szintek szerinti felbontása és a munkaezőképzettség dinamikájának modellezése a GMR-modellben

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 munkaerő képzettségi szintek szerinti felbontása és a munkaerőképzettség dinamikájának modellezése a GMR-modellben

Kutatási jelentés

Tartalom

Bevezetés.....	4
1. A munkaerőpiac az eredeti GMR-Magyarország modellben	5
1.1. A munkaerő kereslete	5
1.2. A munkaerő kínálata	5
1.2.1. A régióközi migráció.....	5
1.2.2. Az ágazati munkaerőkínálat	6
1.3. A munkaerőpiaci egyensúly	7
2. A GMR modell kibővítése a munkaerő képzettségi szintjeivel.....	8
2.1. A munkaerő kereslete	8
2.2. A munkaerő kínálata	9
2.3. Az oktatási ágazat szerepe.....	10
2.4. A képzetlen és képzett munkaerő ágazati kínálata	12
2.5. A munkaerőpiac egyensúly	12
2.6. A képzett munkaerő visszacsatolása a tudástermelésbe	13
3. Az részlegesen hiányzó adatok előállításának módszere	14
Összegzés	16
Irodalomjegyzék.....	17

Bevezetés

A humán tőke akkumulációja, annak térbeli áramlása az egyik legfontosabb inputja az új tudás és innovációk létrehozásának, így a termelés növekedésének. A GMR modellek hagyományosan nagy hangsúly helyeznek a tudástermelés, terjedés és az innováció átfogó modellezésére és ezen folyamatok termelékenységi és gazdasági hatásainak számszerűsítésére. E folyamat egyik szakpolitikai eszköze az emberi tőke, amely tipikusan exogén paramétere e modelleknek. Így feltevés szerint e paraméter exogén megváltozása feleltethető meg valamilyen (pl. oktatáspolitikai) emberi tőke fejlesztését célzó szakpolitika közvetlen hatásának. E változás után a GMR modellrendszer különböző modellrészei (termelékenységi, térbeli általános egyensúlyi és makro blokkok¹) keresztül kifejti közvetett termelékenységi és gazdasági hatásait, így e felfogás praktikus módon alkalmazható szakpolitikai beavatkozások hatásvizsgálatára.

Ezen folyamatokban azonban főként a magasan képzett munkaerő játszik szerepet. A valóságban azonban az egyes ágazatok vegyesen igényelnek alacsonyabban képzett, tipikusan olcsóbb munkaerőt, és magasan képzett tipikusan drágább munkaerőt. Vagyis az eltérő képzettségi szinttel rendelkező munkások nemcsak az innováció folyamatait befolyásolják, de hatással vannak a termelési folyamatokra is. Attól függően, hogy az alacsonyabb, vagy magasabb képzettségű munkaerő relatív kínálata miként alakul egy térségben, vagyis, hogy relatíve melyik típusú munkaerő lesz olcsóbb, más és más ágazatok versenyképességéhez járul hozzá. E fontos térbeli folyamatok figyelembevételére eddig nem került sor a GMR modellekben.

Továbbá az ágazati dimenzió vizsgálata lehetővé teszi, hogy az oktatási ágazat közvetlen visszacsatolást biztosítson a különböző képzettségi szintű munkaerő kínálatára. Az oktatás fejlesztésével várhatóan az alacsony képzettségű munkaerő részaránya csökkenni fog, míg a képzett munkaerő aránya növekedni.

Azt is fontos megjegyezni, hogy az eltérő képzettségi szintű munkaerőt várhatóan különböző térbeli mobilitás is jellemzi. Vagyis a régióközi migráció esetében is fontos különbséget tenni képzett és képzetlen munkaerő között. Ezáltal figyelembe vehetők olyan a valóságot jól leíró folyamatok, mint az „agy-elszívás” jelensége.

Végül e hatások mindegyike hatást gyakorol tehát a képzett munkaerő regionális kínálatára, ami az egyik inputját jelenti a termelékenységi modellblokknak. Ezáltal lehetővé válik, hogy a GMR modellekben eddig exogén paraméterként szereplő humán tőke a megközelítés egyik endogén változójává váljon, amelyet az oktatási ágazat teljesítménye, a munkaerő migrációja, valamint az ágazati összetétel és a termelékenység együttese, valamint ezek egymásra hatása határozza meg.

Jelen kutatási jelentés a GMR modell kibővítésének egy lehetséges módját ismerteti, amely révén megjeleníthető a munkaerő képzettségi szintek szerinti felbontása és a munkaerőképzettség dinamikájának időbeli alakulása. A tanulmány első szakasza ismerteti a jelenlegi GMR-Magyarország modell munkaerőpiaci blokkjának felépítését. A második szakasz tárgyalja a kibővített endogén humán tőkét modellező rendszer felépítését. A tanulmányt végül összegzés zárja.

¹ A modellrendszer részletes leírása megtalálható Varga et al. (2020) és Szabó (2021) munkáiban.

1. A munkaerőpiac az eredeti GMR-Magyarország modellben

A GMR-Magyarország modell térbeli számszerűsített általános egyensúlyi modelljében viszonylag egyszerű és praktikus módon épül fel a munkaerőpiac. A modellben csupán egyetlen homogén, kompozit munkaerő szerepel, tekintet nélkül annak képzettségére. A munkaerő ágazatok között korlátos módon mobilis, vagyis az ágazati bérkülönbségek növekedése arra sarkallja a munkavállalókat, hogy a magasabb bért kínáló ágazatok felé áramoljanak. Ez azonban nem valósulhat meg teljesen mértékben, mivel a mobilitás nem tökéletes, bizonyos mértékű sűrűlódás lassítja az alkalmazkodást. A munkaerőpiacon tehát minden ágazat megjelenik igényével.

A kínálati oldalon tehát munkavállalók, amellet, hogy eldönthetik (bizonyos mértékű sűrűlódás mellett), hogy melyik ágazatban dolgoznak, arról is dönthetnek, hogy mely térségben szeretnének dolgozni. E döntési mechanizmust szimulálja a munkaerő régióközi migrációja, amelyet a régiók között fennálló hasznossági különbségek motiválnak. E migráció szintén nem tökéletesen mobilis, a munkaerő migrációja csak egy időszak késleltetéssel reagál a gazdasági változókban bekövetkezett változásokra. Ráadásul az alkalmazkodás időt igényel a tökéletlen mobilitásból fakadóan.

1.1. A munkaerő kereslete

Az ágazati munkaerőkereslet a termelési függvény alsó szintjéből vezethető le. E termelési függvény felelős a munkaerő ($L_{r,i}$) és a tőke ($K_{r,i}$) felhasználása révén a hozzáadott érték ($VA_{r,i}$), kompozit output előállításáért, az alábbiak szerint:

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

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. A munkaerő keresletét az alábbi költségminimalizálásból levezethető keresleti függvény ír le:

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

Ahol $PL_{r,i}$ az ágazati munkabér.

1.2. A munkaerő kínálata

A munkaerő kínálata két lépésben határozódik meg a GMR modellben. Elsőként a munkavállalók arról döntenek, hogy mely térségben kívánnak munkát vállalni. Az ezalpján kialakuló munkaerőmigráció határozza meg a régiók adott időszaki munkaerőállományát. E munkaerőállomány a második lépésben ágazatokra oszlik le, aszerint, hogy a munkavállalók mely ágazatokban kívánnak munkát vállalni. E szakasz két fejezete e két lépés részleteit tárgyalja.

1.2.1. A régióközi migráció

A kínálati oldalon elsőként a régiószintű munkaerőkínálatát határozzuk meg. A modellben az országos foglalkoztatás állandó, vagyis az országos munkaerőállomány

változatlan. Vagyis a demográfiai és egyéb folyamatok hiányában a regionális szintű munkaerőkínálatot tehát csak a munkaerő régióközi vándorlása befolyásolja.

A régióközi munkaerővándorlás a GMR modellekben nettó szemléletű, vagyis a vándorlás származási és cél régióját nem mutatja meg a modell, csak a regionális munkaerőállomány változásának egyenlegét. Amennyiben ez az érték pozitív, úgy a bevándorlás nagyobb mértékű, mint az elvándorlás és fordítva. A nettó migráció leírására a GMR modellek korábbi egyenlete került alkalmazásra, ahol a munkavállalók összevetik minden régió hasznosságának nagyságát a régiók átlagos hasznossági szintjével. Az átlag feletti régiók bevándorlást, az alattiak elvándorlást fognak tapasztalni. A nettó migráció ($LMIGR_{r,t}$) egyenlete az alábbi szerint adható meg:

$$LMIGR_{r,t} = LS_{r,t} \cdot \left(e^{\theta \cdot U_{r,t}} - e^{\frac{\theta \cdot \sum_r U_{r,t} \cdot LS_{r,t}}{\sum_r LS_{r,t}}} \right) \quad (3)$$

Ahol θ a regionális hasznosságok nagyságát skálázó érzékenységi paraméter². E paraméter biztosítja, hogy a 3 egyenlet zárójelében szereplő hasznosságkülönbség által kiváltott relatív nettó munkaerőmigráció közel legyen a megfigyelt értékekhez (a pontos egyezést a továbbiakban ismertetett $initC_r$ paraméter kalibrálása biztosítja). Továbbá $U_{r,t}$ pedig a regionális hasznossági szint, ahol a hasznossági függvény két összetevőt foglal magában: az egy főre jutó reálfogyasztás nagyságát, valamint az egy főre jutó lakásállomány nagyságát. A regionális lakásállományok nagysága exogén adottság a modellben, azonban a háztartások döntése szempontjából releváns egy főre jutó állomány a migráció függvényében változik. Azok a régiók, amelyekben magas hasznossági szint érhető el, vonzóbbak a migráció szempontjából, így nettó bevándorlást tapasztalhatnak. A beáramló addicionális népesség azonban rontja az egy főre jutó lakásállomány szintjét, így csökken a régió vonzereje, így által egyfajta negatív agglomerációs externália jelenik meg a hatások között.

A hasznossági függvény az alábbi szerint írható fel:

$$\ln(U_{r,t}) = initC_r + \alpha H \cdot \ln\left(\frac{H_{r,t}}{N_{r,t}}\right) + \beta H \cdot \ln\left(\frac{CTOT_{r,t}}{N_{r,t}}\right) \quad (4)$$

Ahol $initC_r$ kontans kalibrálásával illeszthető a migrációs egyenlet a megfigyelt bázisévi nettó migrációs adatokra. Továbbá αH és βH a lakásállomány és a fogyasztás részesedési paraméterei³. A hasznossági és a migrációs függvény paramétereinek értékeit (kivéve a kalibrált $initC_r$ paramétert) a korábbi GMR-Magyarország modellből kölcsönöztük, ahol e paramétereket „szakértői becslés” révén úgy állították be, hogy azok a leginkább visszaadják a valóságban megfigyelhető régióközi áramlásokat. Az így származtatott regionális munkaerővándorlás által felülírt regionális aktív népesség exogén adottságként kerül továbbadásra a következő időszaki statikus modell számára, melyet az alábbi egyenlet vezérel:

$$LS_{r,t+1} = LS_{r,t} + LMIGR_{r,t} \quad (5)$$

1.2.2. Az ágazati munkaerőkínálat

A migráció révén alakított regionális munkaerőállomány a modell egy adott statikus időszakában exogén adottságként szerepel, amely csak a következő időszakban változik meg újfent a migráció következtében.

² Ennek értéke 0,01-ben rögzített.

³ E paraméterek értéke 0,1 és 0,9 értékeken rögzített.

A következő lépésben a munkavállalók arról döntenek, hogy mely regionális ágazatokban kívánnak dolgozni. Vagyis a regionális foglalkoztatottak állománya (LS_r) ágazati munkaerőkínálattá ($LI_{r,i}$) alakul, amely folyamatot egy CET típusú függvény ír le:

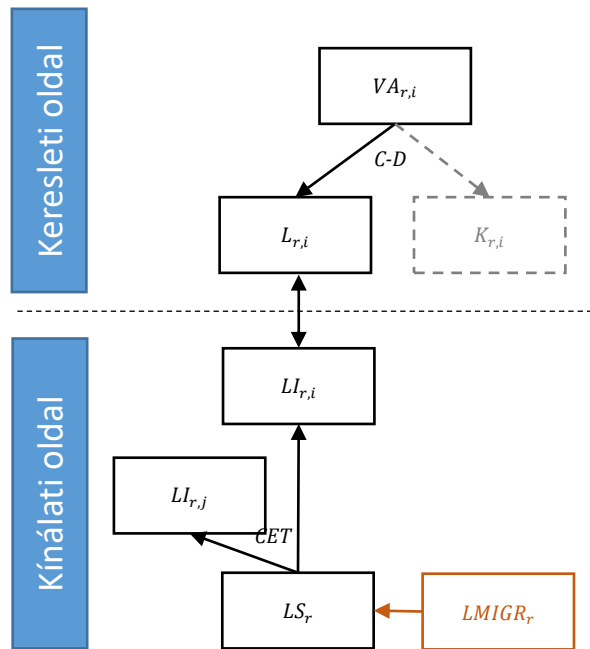
$$LS_r = d_r^{LR} \cdot \sum_i \left(b_{r,i}^{LI} \cdot LI_{r,i}^{\rho^{LI}} \right)^{\frac{1}{\rho^{LI}}} \quad (6)$$

Ahol d_r^{LR} a CET függvény szintparamétere, $b_{r,i}^{LI}$ a részesedési paraméter, ρ^{LI} pedig a transzformáció rugalmasságának a paramétere. Ezesetben a bevétel (bérjövedelem) maximalizálása során a fenti CET függvény transzformációs korlátként való figyelembevételével levezethetők az ágazati munkaerő-kínálati függvények:

$$LI_{r,i} = \left(\frac{PL_{r,i}}{PLR_r} \right)^{\sigma_r^{LI}} \cdot (b_{r,i}^{LI})^{-\sigma_r^{LI}} \cdot (d_r^{LR})^{-\sigma_r^{LI}-1} \cdot LS_r \quad (7)$$

Ahol $PL_{r,i}$ az ágazati regionális bérek (a munkaerő árindexe), PLR_r az aggregált regionális munkabér, σ_r^{LI} pedig a transzformáció rugalmassága, amely az ágazatközi mobilitás tökéletlenségét reprezentálja.

1. ábra: A munkaerőpiac a GMR modell jelenlegi verziójában



Forrás: saját szerkesztés

1.3. A munkaerőpiaci egyensúly

A teljes munkaerőpiac felépítését az 1. ábra szemlélteti vizuálisan, amelyen nyomon követhető, hogy mely folyamatok alakítják ki az ágazati munkaerő keresletét és kínálatát. A kereslet és a kínálat a modellben a minden régió, minden ágazat esetében külön-külön található. Vagyis a munkaerő piac az ágazati szinten kerül definiálásra. A piac akkor kerül egyensúlyba, amikor minden ágazatban egyszerre teljesül, hogy a kereslet épp megegyezik a kínálattal. Ezen egyensúly beálltát az ágazati bérek alakulása biztosítja, amely révén teljesül az alábbi egyensúlyi feltétel:

$$L_{r,i} = LI_{r,i} \quad (8)$$

2. A GMR modell kibővítése a munkaerő képzettségi szintjeivel

A kibővített modellben az egyszerűség kedvéért két képzettségi szintbe soroljuk a munkavállalókat. Az alap és a középfokú végzettséggel rendelkezőket az ún. képzetlen, míg a felsőfokú végzettséggel rendelkezőket az ún. képzett kategóriákba soroljuk. E képzettségi szintek figyelembevétele esetében a munkaerő kereslete is kibővül egy újabb szinttel, hiszen az egyes ágazatok már nem csak általában igényelnek munkaerőt, hanem az egyes képzettségi szinteknek megfelelően specifikusan is jelentkeznek munkaerőkereslettel ($LLD_{r,i}$, $LHD_{r,i}$). A kínálati oldalon az eddig egységes regionális munkaerőkínálat - munkaerőállomány (LS_r), szintén felbomlik a munkaerő képzettsége szerint ($LLSR_r$, $LHSR_r$). Ezáltal az különböző képzettségű munkaerő kínálatát külön definiáljuk. Az eltérő képzettségű munkaerőállományokat azok specifikus migrációja szabályoz a korábbiakhoz hasonló elvek mentén, azonban a kibővített modellben a képzett és a képzetlen munkaerő migrációja ($LLD_{r,i}$, $LHD_{r,i}$) egymás mellett párhuzamosan alakul és határozza meg a hozzájuk tartozó munkaerő regionális kínálatát. A kínálat második lépésében az egyes munkaerő-változatok a korábbiakhoz hasonló módon döntenek az ágazatspecifikus munkaerő kínálatáról ($LLS_{r,i}$, $LHS_{r,i}$). Egyensúlyban a képzett és képzetlen munkaerő ágazati szintű kereslete és kínálata éppen megegyezik. A munkaerőkínálat modellezésére használt CET függvény alapú megközelítés relatíve elterjedt az irodalomban (lásd pl. Keeney és Hertel, 2005; Cloutier et al., 2008; Mercenier et al., 2016).

A képzettségi szintek bevezetése szükségessé teszi az *oktatás* szerepének modellbe emelését is. Feltételezés szerint az oktatási ágazat tevékenységének javulásával csökken a képzetlen és növekszik a képzett munkaerő aránya a regionális munkaerőállományon belül. Az általános egyensúlyi modellek nagy előnye, hogy az oktatási ágazat beemelése révén egyfelől dinamizálható a különböző képzettségű szintű munkaerő állományának alakulása, vizsgálható ezen csoportok jövedelem-eloszlási helyzete, valamint modellezhető az oktatási ágazat fejlesztésének termelékenységi hatásai is (Ojha - Pradhan, 2010).

Ezen utolsó hatás fontos kiegészítése a korábbi modellkeretnek, azáltal a munkaerő képzettség szerinti megbontása lehetővé teszi, hogy a *TFP* modellblokkban exogén adottságként kezelt magasan képzett munkaerő állománya endogénné váljon, ezáltal egy újabb *viSSZacsatolási* kapcsolat jön létre az SCGE és a TFP blokkok között.

A kibővített modell munkaerőpiacának elvi szerkezetét a 2. ábra szemlélteti.

2.1. A munkaerő kereslete

Az aggregált ágazati szintű „kompozit” munkaerő keresletét a korábbiak szerint a (2) munkakeresleti függvény szabályozza. Azonban e kompozit munkaerő a képzett és a képzetlen munkaerőkeresletek aggregátumaként fogható fel. Mivel feltételezhető némi helyettesíthetőség a két típusú munkaerő között ezért ezen aggregálást egy újabb CES függvény bevezetésére révén valósítjuk meg:

$$L_{r,i} = d_{r,i}^L \cdot \left(b_{r,i}^{LLD} \cdot LLD_{r,i} \rho_{r,i}^L + b_{r,i}^{LHD} \cdot LHD_{r,i} \rho_{r,i}^L \right)^{\frac{1}{\rho_{r,i}^L}} \quad (9)$$

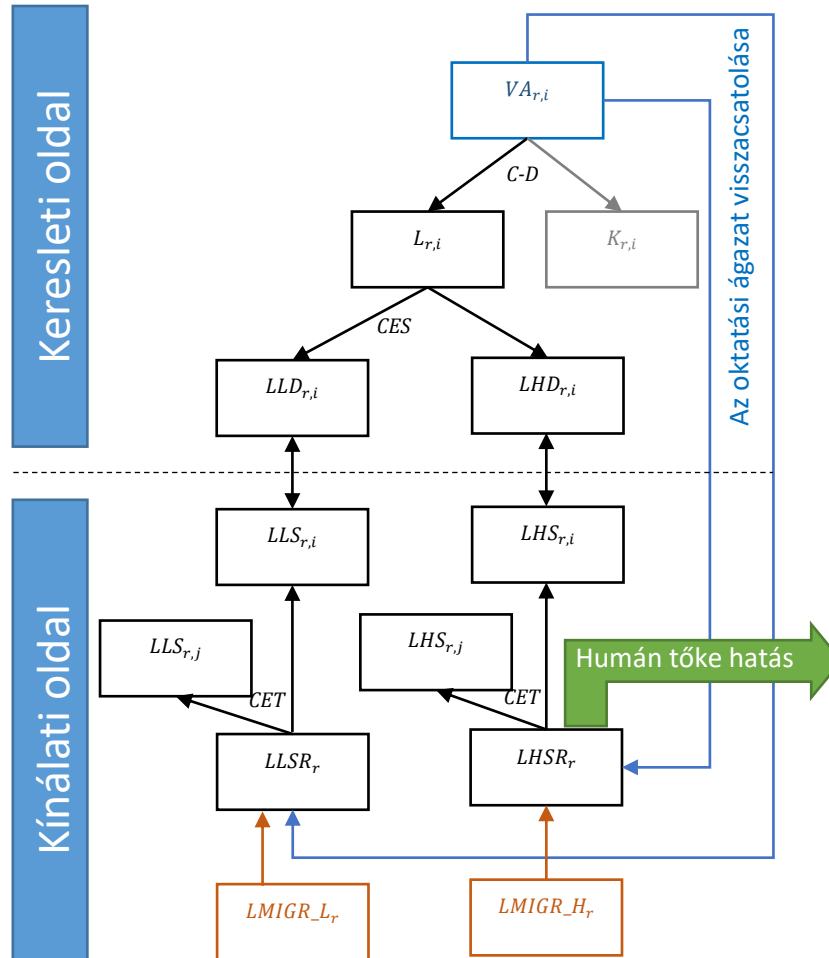
Ahol $d_{r,i}^L$ a CET függvény szintparamétere, $b_{r,i}^{LLD}$ és $b_{r,i}^{LHD}$ a képzetlen és a képzett munkaerő részesedési paramétere, $\rho_{r,i}^L$ pedig a helyettesítés rugalmasságának a paramétere.

E CES termelési (aggregáló) függvényből költségminimalizáló viselkedés mellett levezethetők a képzetlen és a képzett munkaerő keresleti függvénye:

$$LLD_{r,i} = \left(\frac{PL_{r,i}}{PL_{r,i}} \right)^{\sigma_{r,i}^L} \cdot (b_{r,i}^{LLD})^{-\sigma_{r,i}^L} \cdot (d_{r,i}^L)^{-\sigma_{r,i}^L-1} \cdot L_{r,i} \quad (10)$$

$$LHD_{r,i} = \left(\frac{PHL_{r,i}}{PL_{r,i}} \right)^{\sigma_{r,i}^L} \cdot (b_{r,i}^{LHD})^{-\sigma_{r,i}^L} \cdot (d_{r,i}^L)^{-\sigma_{r,i}^L-1} \cdot L_{r,i} \quad (11)$$

3. ábra: A GMR modell képzettség szerint felbontott munkaerőpiacának felépítése



Forrás: saját szerkesztés

2.2. A munkaerő kínálata

A munkaerő kínálatát szintén szükséges a képzettségi szint szerint felbontani. Ennek következtében egy adott statikus időszakon belül minden régióban kétféle (képzetlen és képzett) munkaerőkínálat adott, amelyek időszakok között a kétféle munkaerő régióközi vándorlása következtében változhatnak. Így a korábban az aggregált, kompozit homogén munkaerő szintjén definiált vándorlást is szükséges kétfelé bontani és némileg megváltoztatni.

A képzetlen munkaerő esetében a migrációt a (3) logikájának megfelelő alábbi egyenlet szabályozza:

$$LMIGR_{L_{r,t}} = LLSR_{r,t} \cdot \left(e^{\theta \cdot U_{L_{r,t}}} - e^{\theta \cdot \frac{\sum_r U_{L_{r,t}} \cdot LLSR_{r,t}}{\sum_r LLSR_{r,t}}} \right) \quad (12)$$

Ahol $LMIGR_{L_{r,t}}$ a képzetlen munkaerő nettó migrációját jelöli, amelyet a korábbiak szerint a régiók között fennálló hasznosságkülönbségek vezérelnek. Ezen hasznosság ($U_{L_{r,t}}$) azonban eltér a korábbiból, hiszen eltérő hasznosság adódhat egy képzett és egy képzetlen munkavállaló számára. Így külön hasznossági függvényt írunk elő mindkét munkaerő számára:

$$\ln(U_{L_{r,t}}) = initC_{L_r} + \alpha H \cdot \ln\left(\frac{H_{r,t}}{N_{r,t}}\right) + \beta H \cdot \ln\left(\frac{\frac{PLLSR_{r,t} \cdot LLSR_{r,t}}{PCTOT_{r,t}}}{N_{r,t} \cdot \frac{LLSR_{r,t}}{[LLSR_{r,t} + LHSR_{r,t}]}}\right) \quad (13)$$

A függvény alapvető formája nem változik, azonban a korábbihoz képest megváltozik az egy főre jutó fogyasztás értéke. A képzetlen munkaerő esetében csak a képzetlen munkabérből ($PLLSR_{r,t} \cdot LLSR_{r,t}$) megvásárolható termékkosár mennyiségét vesszük figyelembe, amelynek árindexe $PCTOT_{r,t}$. Mivel nem ismert, hogy a népesség mekkora részét teszi ki a képzetlen munkaerő (és családjaik), ezért a reálfogyasztás egy főre történő vetítése során azt feltételeztük, hogy a teljes népességen belül ez az arány megegyezik a munkaerőpiaci arányokkal. Vagyis a képzetlen munkaerő részaránya megegyezik a képzetlen népesség részarányával.

Ugyanezen elvek mentén felírhatók a képzett munkaerőre szabott egyenletek is:

$$LMIGR_{H_{r,t}} = LHSR_{r,t} \cdot \left(e^{\theta \cdot U_{H_{r,t}}} - e^{\theta \cdot \frac{\sum_r U_{H_{r,t}} \cdot LHSR_{r,t}}{\sum_r LHSR_{r,t}}} \right) \quad (14)$$

$$\ln(U_{H_{r,t}}) = initC_{H_r} + \alpha H \cdot \ln\left(\frac{H_{r,t}}{N_{r,t}}\right) + \beta H \cdot \ln\left(\frac{\frac{PLHSR_{r,t} \cdot LHSR_{r,t}}{PCTOT_{r,t}}}{N_{r,t} \cdot \frac{LHSR_{r,t}}{[LLSR_{r,t} + LHSR_{r,t}]}}\right) \quad (15)$$

Ahol a fogyasztás esetében szintén csak a képzett munkaerő béréből megvásárolható termékeket vettük figyelembe.

Az így kialakuló képzetlen és képzett nettó munkaerővándorlás a (8) egyenlethez hasonló módon alakítja majd a regionális munkaerőkínálatok nagyságát. E kínálatok nagyságát azonban még egy tényező, az oktatási szektor hatása is befolyásol.

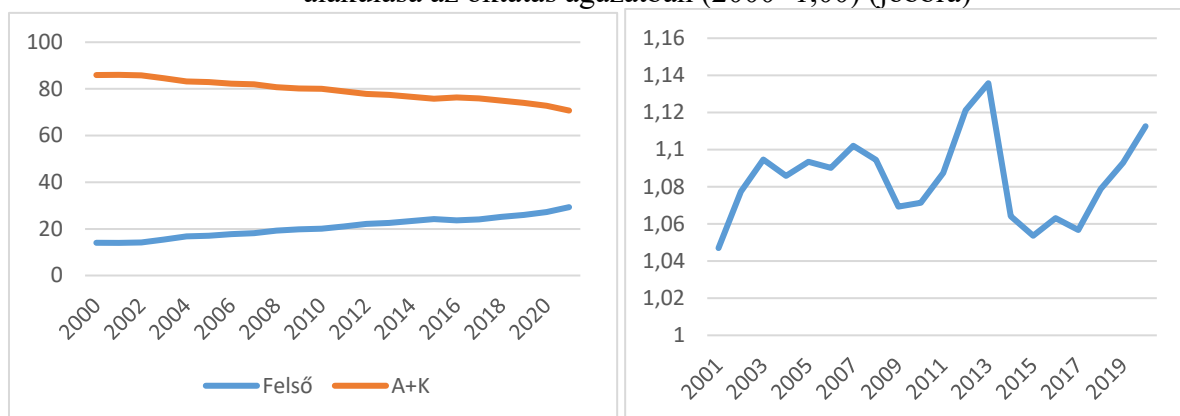
2.3. Az oktatási ágazat szerepe

Az oktatási ágazat képzettségre gyakorolt hatását a modell jelenlegi bonyolultsági szintje miatt viszonylag egyszerű módszerrel vesszük figyelembe. Feltételezés szerint az oktatási ágazat tevékenységének (reál hozzáadott értékének) emelkedése együtt jár a népesség képzettségének emelkedésével. Vagyis az oktatási ágazat növekedése negatívan befolyásolja a képzetlen munkaerő kínálatának részarányát és pozitívan a képzett munkaerőét. E negatív és pozitív kapcsolatokat rugalmassági együtthatók számszerűsítésével vesszük figyelembe.

Ehhez a KSH tájékoztatási adatbázisában elérhető képzettségi adatokat használtuk (3. ábra bal oldala). Jól látható, hogy az elmúlt 20 évben szinten konstans módon csökkent a képzetlen munkaerő részaránya 86%-ról 71% alá, míg a képzett munkaerő részaránya nyilván ezzel ellentétesen alakult. Ez azt jelenti, hogy a képzetlen részarány évi átlagosan 0,626%-kal

csökkent (és ennyivel emelkedett a képzettek részaránya).⁴ Az oktatási ágazat teljesítményét országos szinten az ágazati hozzáadott érték volumenindexeinek felhasználásával mértük (3. ábra jobb oldala).

2. **ábra:** A népesség képzettség szerinti megoszlásának alakulása (balra) és a reál GVA alakulása az oktatás ágazatban (2000=1,00) (jobbra)



Forrás: KSH adatok alapján saját szerkesztés

Ezen mutató alapján megállapítható, hogy az oktatási szektor az elmúlt 20 évben 0,535%-kal növekedett éves átlagos szinten. Feltételezés szerint a képzettségi adatok és az oktatási szektor növekedéséből képzett rugalmassági együtthatók jó közelítését adják az oktatási ágazat által képzettségre gyakorolt hatásának. Ezek alapján a képzetlen részarány rugalmassága: -1,172, míg a képzetteké 1,172. Ez azt jelenti, hogy az oktatási ágazat 1%-os bővülése 1,172%-kal csökkenti a képzetlen munkaerő részarányát és 1,172%-kal bővíti a képzett munkaerő részarányát.

Ekkor tehát felírható már a regionális munkaerőkínálatokat alakító egyenletek végleges formája:

$$LLSR_{r,t+1} = \left(\frac{LLSR_{0r}}{LLSR_{0r} + LHSR_{0r}} - \omega \cdot \left\{ \frac{VA_{r,edu',t}}{VA_{0r,edu'}} - 1 \right\} \right) \cdot (LLSR_{r,t} + LHSR_{r,t}) + LMIGR_L_{r,t} \quad (16)$$

$$LHSR_{r,t+1} = \left(\omega \cdot \left\{ \frac{VA_{r,edu',t}}{VA_{0r,edu'}} - 1 \right\} + \frac{LHSR_{0r}}{LLSR_{0r} + LHSR_{0r}} \right) \cdot (LLSR_{r,t} + LHSR_{r,t}) + LMIGR_H_{r,t} \quad (17)$$

Ahol ω a képzett munkaerő részarányának rugalmassági értéke (1,172), $\frac{LLSR_{0r}}{LLSR_{0r} + LHSR_{0r}}$ a képzetlen munkaerő részaránya a bázisévben, $\frac{VA_{r,edu',t}}{VA_{0r,edu'}}$ a regionális oktatási szektor hozzáadott értékének növekedése a bázisidőszakhoz képest. A (16) egyenlet tehát azt fejezi ki, hogy a helyi oktatási ágazat bázisidőszakhoz mért relatív bővülése arányosan mekkora értékben csökkentette a képzetlen munkaerő részarányát, ezen keresztül pedig a képzetlen munkaerőkínálatát a térségben. E hatást némiképp ellensúlyozhatja, vagy erősítheti a képzetlen munka nettó vándorlása. A (17) egyenlet ugyanezen összefüggést adja a képzett munkaerőre, ahol az oktatási ágazat hatása éppen ellentétes előjelű.

E rugalmassági értékek az egyes időperiódusok között megváltoztatják a munkaerő regionális összetételét. Az oktatási szektor bővülése az adott régióban várhatóan csökkenti az

⁴ Az mögöttes implicit feltételezés az, hogy a népesség képzettségi megoszlása azonos foglalkoztatottak megoszlásával.

alapfokúak részarányát és emeli a közép és felsőfokú végzettséggel rendelkezők arányát. Feltételezés szerint (az elérhető mélyebb bontású időszoros adatok hiánya miatt) ezen rugalmassági értékek területileg nem differenciáltak. Vagyis 1%-os oktatási bővülés ugyanolyan módon befolyásolja a képzettségi megoszlást minden térségben.⁵

2.4. A képzetlen és képzett munkaerő ágazati kínálata

Miután kialakultak az adott időszak regionális szintű munkaerőkínálatok a következő lépésben a munkavállalók a (7) egyenlet logikájához hasonlóan arról dönthetnek a munkavállalók, hogy mely regionális ágazatokban kívának dolgozni. Ekkor a (6) egyenlethez hasonlóan definiálható egy-egy egyenlet a képzetlen és a képzett munkaerőre is:

$$LLSR_r = d_r^{LLRS} \cdot \sum_i \left(b_{r,i}^{LLS} \cdot LLS_{r,i} \rho_r^{LLS} \right)^{\frac{1}{\rho_r^{LLS}}} \quad (18)$$

$$LHSR_r = d_r^{LHRS} \cdot \sum_i \left(b_{r,i}^{LHS} \cdot LHS_{r,i} \rho_r^{LHS} \right)^{\frac{1}{\rho_r^{LHS}}} \quad (19)$$

Ahol d_r^{LLRS} és d_r^{LHRS} a CET függvények szintparamétere, $b_{r,i}^{LLS}$ és $b_{r,i}^{LHS}$ a részesedési paraméterek, ρ_r^{LLS} és ρ_r^{LHS} pedig a transzformáció rugalmasságának a paramétere. A két CET függvényből ekkor az alábbi ágazati kínálati függvények származtathatók:

$$LLS_{r,i} = \left(\frac{PLL_{r,i}}{PLLR_r} \right)^{\sigma_r^{LLS}} \cdot (b_{r,i}^{LLS})^{-\sigma_r^{LLS}} \cdot (d_r^{LLRS})^{-\sigma_r^{LLS}-1} \cdot LLSR_r \quad (20)$$

$$LHS_{r,i} = \left(\frac{PLH_{r,i}}{PLHR_r} \right)^{\sigma_r^{LHS}} \cdot (b_{r,i}^{LHS})^{-\sigma_r^{LHS}} \cdot (d_r^{LHRS})^{-\sigma_r^{LHS}-1} \cdot LHSR_r \quad (21)$$

Ahol $PLL_{r,i}$ és $PLH_{r,i}$ az ágazati regionális bérek, $PLLR_r$ és $PLHR_r$ az aggregált regionális munkabérek, σ_r^{LLS} és σ_r^{LHS} pedig a transzformáció rugalmassága, amely az ágazatközi mobilitás tökéletlenségét reprezentálja.

2.5. A munkaerőpiac egyensúly

A kibővített modell munkaerőpiaci logikájának áttekintését a 2. ábra szemlélteti, amelyen nyomon követhető, hogy mely folyamatok alakítják ki a képzett és képzetlen munkaerő keresletét és kínálatát a modell különböző szintjein. A két típusú munkaerő keresletét és kínálatát a korábbi modell logikája szerint minden régió és minden ágazat esetében külön-külön ábrázoljuk. Vagyis a képzetlen és képzett munkaerőpiacok az ágazati szinten kerülnek definiálásra. E piacok akkor kerülnek egyensúlyba, amikor minden ágazatban egyszerre teljesül, hogy a kereslet épp megegyezik a kínálattal, mindkét munkaerőtípus esetében. Ezen egyensúly beálltát az ágazati képzettség-specifikus bérek alakulása biztosítja, amely révén teljesülnek az alábbi egyensúlyi feltételek:

$$LLD_{r,i} = LLS_{r,i} \quad (22)$$

$$LHD_{r,i} = LHS_{r,i} \quad (23)$$

⁵ E megközelítés nyilvánvalóan túlzott egyszerűsítéseket tartalmaz, és feltételezhető, hogy hosszú távon fenntartható, hogy az oktatási szektor bővülése ugyanolyan mértékben befolyásolja a képzettségi részarányokat.

2.6. A képzett munkaerő visszacsatolása a tudástermelésbe

A GMR modell termelékenységi (TFP) blokkja felelős a tudás alkalmazásának, vagyis az új tudás megtermelésének termelékenységi hatásainak modellezéséért. A TFP -t a régió tudáshálózati beágyazottsága ($ENQ_{r,t}$), a humán tőke állománya ($HumCap_{r,t}$), a vállalkozói ökoszisztéma ($REDI_{r,t}$), valamint a regionális tudásállomány ($RegPatStock_{r,t}$) határozza meg az alábbi ökonometriai egyenlet szerint:

$$\begin{aligned} \ln(TFP_{r,t}) = & \beta_0^{TFP} + \beta_1^{TFP} \cdot \ln(ENQ_{r,t-1}) + \beta_2^{TFP} \cdot \ln(HumCap_{r,t-1} \cdot REDI_{r,t-1}) + \beta_3^{TFP} \\ & \cdot \ln(RegPatStock_{r,t-1}) + \beta_4^{TFP} \cdot BpPeDum_{r,t} + \beta_5^{TFP} \cdot \ln(RegPatStock_{r,t-1}) \\ & \cdot BpPeDum_{r,t} + \beta_6^{TFP} \cdot KeDum_{r,t} + \beta_7^{TFP} \cdot VaDum_{r,t} + \vartheta_{r,t} \end{aligned} \quad (25)$$

Ahol $BpPeDum_{r,t}$, $KeDum_{r,t}$ és $VaDum_{r,t}$ rendre Budapest, Pest, Komárom-Esztergom és Vas megye dummy változói, $\vartheta_{r,t}$ a hibtag, β_i^{TFP} paraméterek pedig a becült együtthatók.

A humán tőkét a TFP blokk legfrissebb verziójában a felsőfokú végzettséggel rendelkező foglalkoztatottak regionális száma méri, amely a korábbi modelleknek egy exogén, szakpolitikai beavatkozások bevezetésére alkalmas paramétere volt. A foglalkoztatás képzettség szerinti felbontása az SCGE blokkban azonban lehetővé teszi, hogy a felsőfokú végzettséggel rendelkező munkaerő regionális állományának megváltozása közvetlenül hatást fejtson ki a TFP egyenleten keresztül a termelékenység alakulására. Ha az adott régióba a képzett munkaerő nettó bevándorlása történik, akkor ez relatíve olcsó erőforrássá teszi a képzett munkaerőt a térségben (*ceteris paribus*), ami versenyelőnyhöz juttatja a képzett munkaerőt intenzíven igénylő ágazatokat. Ugyanakkor azonban a képzett munkaerő magasabb állománya a régió számára elérhető tudás (innovációk) alkalmazását is hatékonyabbá teszi, ami növeli a termelés hatékonyságát (termelékenységét) a TFP egyenlet szerint. A TFP modellblokkban azonban nem közvetlenül statikus tényadatok töltik fel az exogén, szakpolitikai beavatkozásokra alkalmazható paramétereket (pl. humánt tőke, K+F), hanem az e paramétereket kifejező adatsorokra illesztett „trendvonalak”. Vagyis a TFP blokk egyenletei valójában a tudástermelési inputok idősoraira illesztett trendvonalak alapján kerültek becslésre. Ez azt is jelenti, hogy az SCGE modell által kalkulált felsőfokú végzettséggel rendelkező foglalkoztatottak száma csak a véletlennek köszönhetően fog megegyezni a bázisévben a TFP blokk által használt trendértékekkel. Ezért pedig a fennálló inkonzisztenciát szükséges megszüntetni. Ezt az humán tőkét endogenizáló alábbi egyenlettel valósítjuk meg:

$$HumCap_{r,t+1} = HumCap_{r,t} + (LHSR_{r,t+1} - LHSR_{r,t}) \quad (26)$$

Ahol tehát az SCGE blokkban a (17) egyenletben kiszámított képzett munkaerő állományának abszolút változásával növeljük / csökkentjük a humán tőke értékét a TFP blokkban. Ezáltal lehetővé válik az oktatási ágazat követett termelékenységre gyakorolt hatásának a számszerűsítése.

Fontos továbbá, hogy a TFP egyenlet inputjául szolgáló országos és regionális szabadalmi állományok változása is a TFP blokkban kerül számszerűsítésre. A szabadalmi egyenlet az új

regionális tudás termelését szimulálja. Az új tudás létrehozását (szabadalmakat - $Patent_{r,t}$) a K+F ráfordítások ($RD_{r,t}$), a régiók tudáshálózati kapcsolatai ($ENQ_{r,t}$), az országos tudásállomány ($PatStock_t$), valamint a felhasznált munkaerő ($LS_{r,t}$) befolyásolja pozitívan. Ez utóbbi az egyetlen közvetlen visszacsatolás az SCGE modell felől a tudástermelés irányába.

$$\begin{aligned} \ln(Patent_{r,t}) = & \beta_0^{Pat} + \beta_1^{Pat} \cdot \ln(RD_{r,t-1}) + \beta_2^{Pat} \cdot \ln(RD_{r,t-1} \cdot ENQ_{r,t-1}) + \beta_3^{Pat} \\ & \cdot \ln(PatStock_{t-1}) + \beta_4^{Pat} \cdot \ln(LS_{r,t-1}) + \beta_5^{Pat} \cdot SoDum_{r,t} + \beta_6^{Pat} \cdot SzaDum_{r,t} \\ & + \varepsilon_{r,t} \end{aligned} \quad (27)$$

Ahol $SoDum_{r,t}$ és $SzaDum_{r,t}$ Somogy és Szabolcs-Szatmár-Bereg megye dummy változói, β_i^{Pat} paraméterek a becsült együtthatók (konstansok), $\varepsilon_{r,t}$ pedig a hibtag.

Mivel a képzettségi szintekkel kibővített modellben a felhasznált munkaerő nagysága is felbomlik képzett és képzetlen munkaerőre, így ennek be kell csatornázódnia a szabadalmi egyenletbe is. Mivel a munkaerőállomány ez esetben csupán, mint az adott térség méretét szimbolizáló, az agglomerációs externhatásokat képviselő változó játszik szerepet, így a továbbiakban is feltesszük, hogy a teljes munkaerőállomány (képzett és képzetlen együttesen) hatást gyakorol a szabadalmak alakulására. Ekkor a korábbi munkaerőállomány változójának képlete az alábbiak szerint definiálható újra:

$$LS_{r,t} = LLSR_{r,t} + LHSR_{r,t} \quad (28)$$

Ezzel pedig lezárult az utolsó visszacsatolási mechanizmus is, amelyet részben érintenek a képzettségi szintek felbontásából fakadó változtatások.

3. Az részlegesen hiányzó adatok előállításának módszere

A GMR-Magyarország többszektoros többrégiós SCGE blokkja egy 2010-es bázisév-re becsült 37 ágazatot és 20 megyét magába foglaló interregionális ÁKM adatain alapul. Ilyen részletes területi és ágazati bontású adatbázis általában nem elérhető (főleg a területi ágazatközi összefonódások tekintetében), így ezeket tipikusan becsülni szükséges. Hasonló probléma adódik a munkaerő képzettség szerinti felbontása esetében, ezért a képzett és képzetlen foglalkoztatás megyei-ágazati bontásának bizonyos részleteit becsülni szükséges. Ehhez a következő adatokat használjuk:

1. országos foglalkoztatottak végzettség szerinti felbontása
 - alap, közép és felsőfokú végzettségű foglalkoztatottak, 19 összevont NACE ágazat, 2011 (népszámlálás)
2. megyei foglalkoztatottak végzettség szerinti felbontása
 - alap, közép és felsőfokú végzettségű foglalkoztatottak, 3 összevont NACE, 2010
3. a GMR-Magyarországban szereplő megyei-ágazati foglalkoztatás

A felépíteni kívánt adatbázis elvi sémáját az 1. táblázat szemlélteti a képzetlen munkaerő esetében. Hasonló elven felírható volna a táblázat a képzett munkaerő regionális/ágazati eloszlására is.

Az 2. adatállomány alapján a regionális (megyei) képzetlen (és képzett) munkaerő állománya (foglalkoztatottak) feltölthető adatokkal ($LLSR_r$). E cellák zöld színnel jellettek a táblázatban. Az országos ágazati képzetlen (vagy képzett) foglalkoztatottak azonban nem tölthetők fel közvetlenül adatokkal az elérhető adatokkal. Egyfelől azért, mert a 2. adatállomány csak 3 aggregált ágazatra érhető el (területi szinten). Országos szinten a 2011-es népszámlálás ad bővebb tájékoztatást az ágazati foglalkoztatás alakulásáról 19 aggregált ágazat esetében. Feltételezve, hogy az országos ágazati foglalkoztatás megoszlása nem változott jelentősen 2010 és 2011 között a 19 ágazat 2011-es megoszlási részaránya felhasználható a 2010-es 3 ágazatra elérhető állomány felbontására. Így származtatható a képzetlen (és képzett) munkaerő ágazati foglalkoztatása 19 aggregált ágazatra országos szinten. Ez azonban még mindig elmarad a modell 37 ágazatától (főként annak köszönhetően, hogy a feldolgozóipar ágazatait nem bontja meg al-ágazatokra az elérhető adatállomány). A továbbra is aggregáltan szereplő ágazatokat (további elérhető adatok hiányában) egyszerűen az ágazati teljes (modellben szereplő) foglalkoztatás arányában bonthatók fel al-ágazatokra. Ekkor azzal a feltevéssel élünk, hogy az al-ágazatokban a képzett-képzetlen munkaerő aránya megegyezik a felettes, aggregált ágazatban megfigyelt aránnyal.

1. **táblázat:** a képzettség szerint megbontott foglalkoztatás területi/ágazati adattáblája a képzetlen munkaerő példáján

Alap- és közép fokú	Mezőgazdaság	...	Egyéb szolgáltatás	Megyei összesen
Budapest	$LLD_{r,i}$	$LLD_{r,i}$	$LLD_{r,i}$	$LLSR_r$
...	$LLD_{r,i}$	$LLD_{r,i}$	$LLD_{r,i}$	$LLSR_r$
Csongrád	$LLD_{r,i}$	$LLD_{r,i}$	$LLD_{r,i}$	$LLSR_r$
Országos összesen	$LLSI_i$	$LLSI_i$	$LLSI_i$	$\sum_r LLSR_r$

Forrás: saját szerkesztés

E lépések végeredményeként előállíthatók az 1. táblázatban bemutatott adatállomány sorok és oszlopok szerint vett összegei, azonban a táblázat belső szerkezete nem ismert. Ezt újfént becsülni szükséges, amely két lépésben végezhető el. Elsőként szükséges becsülni a belső mátrix szerkezetét jól leíró induló mátrixot, amely valószínűleg nem lesz összeegyeztethető az adattábla oszlop- és sorösszesenjeivel. Második lépésben pedig egy mátrix-kiigazító módszer alkalmazásával szükséges oly módon módosítani az induló mátrixot, hogy az a lehető legjobban hasonlítson a kezdeti táblára, de összhangba kerüljön a sor- és oszlopösszegekkel. E módszerek közül széles körben kerül alkalmazásra az ún. RAS mátrixkiigazító módszer (részletekért lásd pl. Révész – Koppány, 2018). A kiinduló mátrix elemeit ($LLD_{r,i}$) az ágazati foglalkoztatottak ($LLSI_i$) állományának (oszlopirányú) szétosztásával kaphatjuk, ahol megyei részarányokat a korábban ismertett megyei összesen létszámok adják ($LLSR_r$). Hasonló elvet követve számszerűsíthetők a képzett munkaerő táblázatának cellái. Ekkor azzal a feltételezéssel élünk, hogy az egyes regionális ágazatokon belül ugyanaz a képzett-képzetlen munkaerő-arány érvényesül, mint ezen ágazatok országos megfelelőiben, vagy feltételezés szerint ugyanazt a „technológiát” alkalmazzák az egyes régiók ágazatai.

Összegzés

A tanulmányban ismertetésre került a GMR-Magyarország modell foglalkoztatási állományának képzettségi szintekkel történő kibővítésének lehetséges módszertani megvalósítása. A módszertani változtatások mind az SCGE, mind a TFP blokkokat érintik.

Az SCGE blokkban ezentúl nem egyetlen homogén munkaerőt hasznosítanak az ágazatok, hanem képzetlen (alapfokú vagy középfokú végzettséggel rendelkező) munkaerőt, illetve képzett (felsőfokú végzettséggel rendelkező) munkaerőt. Az egyes ágazatok azonban eltérő mértékben igénylik a kétféle munkaerőt, így az egyes térségek relatív munkaerőellátottsága befolyásolja, hogy a képzett, vagy a képzetlen munkaerőt intenzíven igénylő ágazatok lesznek versenyképesebbek. A kétféle munkaerő között bizonyos fokú helyettesíthetőséget tételezünk fel, amely azonban korlátos.

A regionális munkaerő állományát továbbra is befolyásolja a munkaerő régióközi vándorlása, amelyet azonban külön-külön veszünk figyelembe a két munkaerő-típus esetében. Ezáltal pedig eltérő regionális hasznosságkülönbségeket vesznek figyelembe az egyes munkaerő-típusok, amelyek alapvetően a képzett és a képzetlen regionális bérből megvásárolható termékmennyiség (reálfogyasztás) eltérései okán különböznek.

A migráció mellett azonban az oktatási ágazat tevékenysége is befolyásolja a képzett és képzetlen munkaerő állományának alakulását. Empirikus adatok felhasználásával rugalmassági mutatókat számszerűsítettünk, amelyek kapcsolatot létesítenek az oktatási ágazat regionális növekedése és a képzett/képzetlen munkaerő arányának változása között. E rugalmassági értékek megmutatják, hogy az oktatási szektor 1%-os bővülése hány %-kal csökkenti a képzetlen munkaerő részarányát, illetve hány %-kal bővíti a képzett munkaerő arányát.

A TFP blokk esetében az SCGE modellbe bevezetett képzett munkaerő révén endogenizáltuk a humán tőke paraméterét. E paraméter korábban exogén volt és csak szakpolitikai beavatkozások bevezetésére volt alkalmas, amelyet a regionális képzett munkaerőállománya mért. Az SCGE modellben immár megjelenő képzett regionális munkaerőállomány változása így közvetlen módon visszahat a termelékenységi blokkra, befolyásolva a regionális termelékenység változását.

E fenti bővítések és addicionális visszacsatolási mechanizmusok lehetővé teszik, hogy a korábbiaknál jóval gazdagabb (ugyanakkor komplexebb) képet kapjunk szakpolitikai beavatkozások gazdasági és termelékenységi hatásairól, amelyek figyelembe veszik az oktatási ágazat endogén fejlődését, ennek hatását a munkaerő képzettségére, a képzett és képzetlen munkaerő térbeli áramlását, valamint ennek visszahatását a termelékenység alakulására.

A munkaerő képzettségi szintjeinek megbontása ugyanakkor kiszélesíti a modell alkalmazásának lehetőségeit is. A képzettségi szintek differenciálása arra is alkalmassá teszi a modellt, hogy az automatizáció várható térbeli gazdasági hatásait vizsgáljuk, amely során nagyobb eséllyel helyettesíthető tőkével a képzetlen munkaerő, mint a képzett. Ehhez azonban érdemes volna a modellt tovább bővíteni a háztartások egyes csoportjainak felbontásával, ezáltal nyomon követhetővé válna az is, hogy az egyes jövedelmi csoportok (képzettségi szintek szerint) jóléte miként változik különféle szakpolitikai beavatkozások következtében.

Irodalomjegyzék

- Cloutier, M-H. – Cockburn, J. – Decaluwé, B. (2008): Education and Poverty in Vietnam: a Computable General Equilibrium Analysis. CIRPÉE Working Paper 08-04.
- Keeney, R. és Hertel, T. W. (2005): GTAP-AGR: A Framework for Assessing the Implications of Multilateral Changes in Agricultural Policies. GTAP Technical Paper No.24.
- Mercenier, J. – Di Comite, F. – Diukanova, O. – Kancs, D. – Lecca, P. – Copo, M. L. (2016): *A Dynamic Spatial General Equilibrium Model for EU Regions and Sectors*. JRC Technical Reports, Report EUR 27728 EN.
- Ojha, V. P. - Pradhan, B. K. (2010): *Human Capital Formation and Economic Growth in India: A CGE Analysis*. Research Report. National Council of Applied Economic Research (NCAER), New Delhi, South Asia Network of Economic Research Institutes (SANEI).
- Révész, T. – Koppány, K. (2018): A nemzetgazdasági modellekben szereplő mátrixok kétirányú kiigazítási módszereiről. *Sigma*, 49. Évf, 3-4. Szám, pp. 139-172.
- Szabó, N. (2021): *Az intelligens szakosodási stratégia gazdasági hatásainak számszerűsítése: Térbeli CGE modell alkalmazása a prioritizáció folyamatában*. Doktori Értekezés. PTE KTK.
- Varga A. – Szabó, N. – Sebestyén, T. – Farkas, R. – Szerb, L. – Komlósi, É. – Járosi, P. – Andor, K. – Csajkás, A. (2020): *The GMR Hungary multiregion – multisector economic impact model*. RIERC Research Report, 2020-01. Regional Innovation and Entrepreneurship Research Center, Faculty of Business and Economics, University of Pécs,
https://ktk.pte.hu/sites/ktk.pte.hu/files/uploads/rierc/reports/RIERC%20kutata%CC%81si%20besza%CC%81molo%CC%81%202020-1%20-%20The%20GMR_HU%20multisector-multiregion%20model.pdf