

MÉDER ZSOMBOR–SOMOGYI RÓBERT

Generációs tudástranszfer és megtakarítások – egy ágensalapú modell*

Tanulmányunkban a szociális ellátórendszer összefüggéseit az együttélő korosztályok modelljével vizsgáló elméleti cikkek családját bővítjük ki egy harmadik nemzedék, a gyermekek figyelembevételével. A nyugdíjrendszer mellett az oktatási rendszert is modellezzük. A különböző nemzedékek között háromféle kapcsolat áll fenn: az aktívak finanszírozzák a nyugdíj- és oktatási rendszert. Emellett a gyermekek produktivitását nemcsak az oktatás, hanem a nagyszülőktől kapott tudástranszfer is növeli; ez utóbbi a nagyszülők időskori fogyasztásával arányos. A többirányú összefüggésekből eredő komplexitás kezeléséhez az ágensalapú modellezés módszeréhez nyúlunk. Fő eredményünk a három együttélő nemzedék kapcsolatának szimulációja, amely plauzibilis összefüggéseket mutat a megtakarítási ráta, az újraelosztás mértéke és az oktatási rendszer típusa között. Kompetitív oktatási rendszer mellett az ágensek növelik magánmegtakarításaikat az esélykiegyenlítő oktatási rendszerhez képest.

BEVEZETÉS

Az együttélő korosztályok közötti kapcsolat vizsgálata *Allais* [1947] és *Samuelson* [1958] írásainak megjelenése óta a modern közgazdaságtan egyik alapvető kérdése. A probléma összetettségét és gyakorlati relevanciáját jelentősen növeli az a tény, hogy a világon mindenütt – állami és magán – szociális intézmények egész sora foglalkozik a generációk közötti transzferekkel. A 19. században többek között a nyugdíjrendszer és közoktatás megteremtése jelentették a jóléti állam felé tett első lépéseket. Az ezekre a rendszerekre fordított kiadások aránya azóta is jelentősen nő.

Simonovits András munkásságának egy központi eleme az adó- és nyugdíjrendszerek vizsgálata. Jelen cikk tematikusan az ő együttélő korosztályokkal foglalkozó munkáiból (*Simonovits* [1995a], [1995b], [2007], [2009],

* A szerzők szeretnének köszönetet mondani *Király Júliának*, *Patkós Annának* és *Pálvölgyi Dénesnek* azért, hogy elolvasták és részletesen kommentálták a kéziratot.

Molnár–Simonovits [1996], [1998]) inspirációt merítve modellezi ezeket a rendszereket, azonban a metodológia módosításával: a klasszikus, analitikus megközelítés helyett ágensalapú modellezést alkalmaz, hogy bővítse a lehetséges feltevések játéktérét és a vizsgálható rendszerek komplexitását.

Az ágensalapú modellezés gyökerei a hetvenes évekbe nyúlnak vissza, Schelling híres szegregációs modelljéhez (*Schelling* [1971]). A számítási kapacitások növekedésével az ágensalapú modellek népszerűsége és elterjedtsége is folyamatosan nőtt a különböző társadalom- és természettudományokban, elsősorban a szociológiában, a geográfiában és a biológiában. Az ágensalapú modellek közgazdaságtani alkalmazása két forrásra vezethető vissza: Herbert Simon munkásságára, illetve a játékelméletre. Simon „korlátozott racionalitás” megközelítését követve az ágensalapú modellek tipikusan – jelen cikk is – feladják azt a feltevést, hogy az ágensek haszonmaximalizálók. Ehelyett gyakran úgy vizsgálják őket, mint egyszerű biológiai/genetikai programok hordozóit, amelyek viselkedése a gének és a környezet közvetlen függvénye, és a racionalitás/adaptivitás adott esetben csak következménye a sikeresebben viselkedő ágensek szelekciójának. A második, játékelméleti forrás azért jelentős, mert az ágensek viselkedésének megértéshez tipikusan nem elegendő egy döntéseméleti keret, és a legtöbb környezetben a stratégiai interakció vizsgálata elengedhetetlen. Mivel az ágensek tipikusan heterogének, interakcióik bonyolultak, ezért az ágensalapú modellek vizsgálatakor gyakran jelentőssé válik a kontextusfüggőség, az útfüggőség, illetve a káosz. Ugyanez megfordítva is igaz: olyan jelenségek vizsgálatánál kézenfekvő módszer gyakran az ágensalapú modellezés, amelyekre igazak a komplex rendszerek említett jellemzői.

A modellező nagyobb szabadságfoka jelenti az ágensalapú metodológia legfőbb vonzerejét, és ugyanakkor kihívását. Míg az analitikus megközelítés természetesen kényszeríti ki a vizsgált paraméterek és változók számának kordában tartását, a szimulációval vizsgálható modellelemek számának csak a számítási kapacitások szabnak határt. Erre a kihívásra kétféle válasz adható. Az egyik a paraméterek empirikus kalibrációjával horgonyozza le a modellt. A másik módszer minimalista feltevésekkel él, és tudatosan korlátozott számú paramétert vizsgál viszonylag nagy felbontásban ahhoz, hogy új intuíciókat és munkahipotéziseket generáljon a valóságos összefüggésekről. Ebben a munkában az utóbbi utat választjuk.

Cikkünk kiindulópontját az oktatás- és nyugdíjrendszerről publikált, analitikus eszközökkel dolgozó cikksorozat képezi (*Razin és szerzőtársai* [2002], *Simonovits* [2007]). Ezekben a modellekben az ágensek racionálisak, mind privát, mind politikai döntéseik szempontjából. A közpolitikát

a medián szavazó alakítja, a medián szavazó tézisével összhangban (*Black* [1948]). Mi feladjuk mindkét feltevést: ágenseink vakon követnek egy genetikailag meghatározott programot, a politikai környezet pedig exogén. A sikeresebb programmal rendelkező ágensek reprodukálni tudják génjeiket; a sikertelenebbek génjei kiszóródnak. Fő kérdésünk az, hogy milyen megtakarítási ráta alakul ki egy populációban adott közpolitikai környezet mellett. Szimulációink eredményei arra engednek következtetni, hogy a magasabb megtakarításokat az alacsonyabb adók, a kompetitív oktatási rendszer, kompetitív rendszerben az oktatási rendszerre nagyobb arányban szánt szociális kiadások, illetve a magasabb kamatláb ösztönzik.

A MODELL

Tanulmányunkban az irodalomban elterjedt együttélő korosztályok modelljét egészítjük ki egy harmadik korosztállyal. Az aktív korúak és idősök mellett a gyermekek is fontos szerepet kapnak, így a nyugdíjrendszer mellett az oktatási rendszer összefüggéseit is vizsgálni tudjuk. A harmadik nemzedék jelenléte meglehetősen bonyolulttá teszi a modellt, ezért modellünkhöz az ágensalapú megközelítést használjuk.

A következőkben először a különböző korosztályokba tartozó ágensek tulajdonságait írjuk le. Majd a szelekciós mechanizmust mutatjuk be, amely az újonnan született gyermekek tulajdonságait határozza meg. Végül az ágensek közti transzferekkel foglalkozunk, amelyek a szociális ellátórendszert, modellünkben az oktatási és nyugdíjrendszert írják le.

Az ágensek

Modellünkben az ágensek három csoportba sorolhatók: gyermekek, aktív korúak és idősök. Minden nemzedék azonos számú ágensből áll, a nemzedék mérete (k) a modell egyik paramétere. Egy perióduselteltével minden gyermekből aktív korú, minden aktív korúból idős válik, az idősök meghalnak, valamint egy új generációnyi gyermek születik. Feltesszük tehát, hogy az ágensek minden életszakasza ugyanolyan hosszú. A modell elméleti következtetései szempontjából ugyan lényegtelen a periódusok hossza, a paraméterek (például a kamatláb) plauzibilis megválasztása érdekében azonban érdemes úgy értelmezni, hogy egy periódus hossza 25 év. Az egyszerűség kedvéért a szaporodás *haploid*, tehát minden gyermeknek egyetlen szülője, és így szintén egyetlen nagyszülője van.

A gyermekek születéskor egy adott eloszlásból véletlenszerűen generált kezdeti produktivitással (p_{i0}) születnek, ennek az értéknek majd aktív korokban lesz jelentősége. A gyermekek kezdeti, születéskori produktivitását egy m átlagú, σ szórású, normális eloszlású véletlen változó generálja, ami független a szülő produktivitásától. Az eloszlást 0-nál balról csonkoltuk.

A kezdeti produktivitás értékét két faktor növelheti: egyrészt a közoktatás, másrészt a nagyszülőktől kapott transzfer:

$$p_i = p_{i0} + ed_i + gp_i$$

ahol ed_i a közoktatásból adódó, míg gp_i a nagyszülőktől szerzett produktivitás-növekmény. (A jelölés egyszerűsítése érdekében elhagyjuk az alsó indexből az időt azokban az egyenletekben, ahol ez nem okoz félreértést.)

Az aktív korúak gyermekkorukban megszerzett a produktivitásuknak megfelelő bruttó (életpálya-) jövedelmet termelik meg:

$$b_i = p_i.$$

Nettó (életpálya-) jövedelmük a bruttó jövedelem adókulccsal csökkentett része:

$$w_i = (1 - \tau)b_i.$$

Modellünkben a τ adókulcs exogén paraméter.

Továbbá a gyermekek egy később részletezett módon szüleiktől megörökölnék egy megtakarítási hajlandósági értéket, amit s_i -vel jelölünk. Az aktív korú ágensek a nettó jövedelmüket a megtakarítási hajlandóságuk szerinti részét megtakarítják, a fennmaradó részt pedig fogyasztásra fordítják:

$$save_i = s_i w_i \quad \text{és} \quad c_i = (1 - s_i) w_i.$$

ahol $save_i$ a teljes megtakarítást, c_i pedig a fogyasztást jelöli. A később részletezett genetikus algoritmus reprodukciós szakaszában lesz jelentősége a fogyasztásnak, ebből fedezik ugyanis a gyermektartás költségeit. Az egyszerűség kedvéért minden ágens gyermektartási költsége ($childcost$) azonos és additív, vagyis n gyermek összköltsége $n \times childcost$. A megtakarításaik kamattal növelt értékét pedig idős korban tudják felhasználni.

Mivel a produktivitas és a megtakarítási hajlandóság központi szerepet játszanak modellünkben, itt külön is kitérünk arra, miért választottuk ezeket a feltevéseket az örökölhetőségre vonatkozóan. Ami a kezdeti

produktivitást illeti, ez – mint hamarosan látni fogjuk – *ceteris paribus* egyenes arányban áll a reprodukciós esélyekkel, így a kezdeti produktivitások átlaga a szelekció révén folyamatosan nőne. Munkánk fő célja azonban a megtakarítási döntés vizsgálata, nem pedig egy tulajdonképpen triviális evolúciós szelekcióé, amely hatás elnyomná az előbbit.¹ A klasszikus megközelítésben a megtakarítási döntés volna az a stratégia, amelyről az ágenseink döntenek. A fő eltérés ehhez képest jelen cikkben az, hogy a megtakarítás nem döntés kérdése, hanem egy genetikailag meghatározott automatizmus; kérdésünk pedig az, hogy adott környezet mellett milyen átlagos megtakarítási döntés fog kialakulni a populációban hosszú távon. Ezért öröklődik a megtakarítási hajlandóság, de nem a produktivitas.

Visszatérve modellünkre, az idősek teljes vagyona a megtakarításaikból és az állami nyugdíjból adódik össze:

$$w_t = (1 + r)save_{t-1} + pens_t,$$

ahol r a konstans kamatláb, $pens_t$ pedig a t -edik periódusbeli egy főre jutó nyugdíj értéke. Feltételezzük, hogy az idősek teljes vagyonukat a gyermekek oktatására fordítják. Amennyiben van legalább egy unokájuk, az idősek az egy unokára jutó vagyonuk arányában növelik unokáik produktivitását:

$$gp_i = w_i / u_i,$$

ahol gp_i az unokáknak juttatott tudástranszfer, u_i pedig az i -edik nagyszülő unokáinak száma. Ha nincs unokájuk, teljes vagyonuk az oktatási alapot növeli.

SZELEKCIÓ

A modell fontos eleme a szelekció, amelynek során kiválasztódnak azok az ágensek, akiknek gyermeke születik, így továbbörökítik bizonyos egyéni jellemzőiket, konkrétan a megtakarítási hajlandóságukat.

Az öröklési folyamatot az egyik legegyszerűbb és az irodalomban bevett genetikai algoritmus segítségével modellezzük, amely arányos,

¹ E gyakorlati megfontolás mellett egy további érveléssel is szolgálhatunk ahhoz, hogy a produktivitást miért nem tekintjük örökölhetőnek. A produktivitas talán legkézenfekvőbb megfelelője az intelligencia volna. Ha az intelligencia meghatározná az ágensek evolúciós sikerét, és öröklődne, akkor a ma élő embereknek átlagosan intelligensebbeknek kellene lenniük elődjeiknél. Ez utóbbi azonban legalábbis vitatott (lásd például *Crabtree* [2013]).

más néven rulettkerékelv alapján működik (Goldberg [1989]). Az ágenssek fitnessze a szelekció kezdetekor a fogyasztásuk értékének négyzetgyökével egyezik meg. A konkáv négyzetgyökfüggvény a pénz csökkenő határhasznát ragadja meg.

A szülőket az algoritmus ezután a fitnesszeik arányával megegyező valószínűséggel választja ki. Az így kiválasztott szülőnek születik egy új gyermeke. A gyermek a szülő tulajdonságait (génjeit) örökli a megtakarítási hajlandóság tekintetében. Az öröklés azonban nem teljesen determinisztikus, a szülő értékeihez egy kis zaj adódik (mutáció):

$$s_i = s_j(1 + rand),$$

ahol *rand* egy egyenletes eloszlású véletlen változó a $[-\varepsilon, \varepsilon]$ intervallumon, s_i a gyermek, s_j pedig a szülő megtakarítási hajlandósága. A szülő új fitnessze ezután a fogyasztás gyermekekre fordított jövedelemmel csökkentett értékének négyzetgyökével egyezik meg.

Ezután új szelekciós kör indul az új fitnesszekkel arányos módon. Az ismétlések száma a korosztály méretével egyezik meg, tehát k szelekciós kör van periódusonként, ami garantálja, hogy minden korosztályban megegyezik az ágenssek száma.

A gyermeknevelés ágensenként és gyermekenként fix összeget emészt fel. Ez az összeg a nemzedék átlagos produktivitásának ch százaléka, ahol a ch „gyermeknevelési költség” a modell egyik paramétere, vagyis:

$$childcost = ch \sum_i p_i / k.$$

Fontos megismételni, hogy a kezdeti produktivitás nem öröklődik, hanem véletlenszerűen választódik ki. Ellenkező esetben a magas produktivitás szelekciója tompítaná a modell fő tárgyát képező tényezők hatásait.

Állami újraelosztás

A szociális ellátórendszert a különböző korosztályhoz tartozó ágenssek közötti transzferekkel modellezzük. Mivel egyedül az aktív korúak termelnek, az állam által szétosztható pénzösszeg a tőlük származó adóbevétel, vagyis

$$T = \tau \sum_{i=1}^k b_i,$$

ahol τ az exogén jövedelemadó-ráta. Ezt az összeget két célra fordíthatják: közoktatásra, illetve az idősek nyugdíjára. A teljes adóbevétel

oktatásra szánt részarányát az oktatási hányad paraméter (o) határozza meg, vagyis

$$EducatFund_i = oT_i \quad \text{és} \quad PensionFund_i = (1 - o)T_i,$$

ahol *EducatFund* az oktatási alap, *PensionFund* pedig a nyugdíjalap mérete. Az oktatási hányad szintén exogén.

Mivel jelen tanulmánynak nem célja a nyugdíjrendszer részletes modellezése, egy fontos egyszerűsítő feltevéssel élünk: a teljes nyugdíjalapot egyenlően osztják fel az idősek között, azaz

$$pens_i = PensionFund_i/k.$$

Ez azt implicálja, hogy a nyugdíjalap valóban újraelosztó rendszerként funkcionál: mivel a nyugdíjalapból kapott jövedelem független az egyéni adóbefizetésektől, így a produktivitástól is. Ezért várható időskori vagyonuk tekintetében a magasabb jövedelműek akkor járnak jól (*ceteris paribus*), ha a jövedelemadó-ráta alacsony, míg az alacsony produktivitásúak számára a magasabb adó előnyösebb.

Az állami újraelosztás másik komponense a közoktatás. Kétféle oktatási rendszert modellezünk: megkülönböztetjük az esélykiegyenlítő és a kompetitív típusokat.

Esélykiegyenlítő típusú oktatási rendszeren azt értjük, hogy a teljes oktatási alapot egyenlően osztják szét a gyermekek között:

$$ed_i = ed = EducatFund/k.$$

Így az egyes gyermekek által az esélykiegyenlítő oktatásból kapott produktívásbeli növekmény független a születéskori produktívásuktól. A felnőttkori produktívás a fogyasztásnak, így a reprodukciós sikernek is fő forrása, hiszen az ágensek közötti reprodukciós siker a fogyasztások arányától függ (lásd fent). Ezért az azonos mennyiségű produktívásbeli növekmény valóban (reprodukciós) esélykiegyenlítő, hiszen a fix növekmény folyamánként az ágensek produktívásának aránya közelebb kerül 1-hez. Ebből következően az alacsony születési produktívású gyermekek akkor járnak jól, ha az esélykiegyenlítő oktatási alap minél nagyobb.

Ezzel ellentétben a kompetitív típusú oktatási rendszerben az oktatási alapan lévő pénz a gyermekek meglévő produktívásával arányosan osztják szét, azaz

$$ed_i = \frac{p_{i0}}{\sum_i p_{i0}} EducatFund.$$

A kompetitív oktatási rendszer tehát konzerválja, de nem növeli a produktívásbeli különbségeket. Látható, hogy mindkét oktatási rendszer azonos mértékben növeli a GDP-t, ilyen értelemben tehát egyenlően hatékonyak. Azonban az esélykiegyenlítő oktatás csökkenti a szelekciós nyomást, hiszen az ágensek közötti produktívásbeli arányok csökkennek.

EREDMÉNYEK

A megtakarítási hajlandóság áll elemzésünk középpontjában. A megtakarítás tekintetében a következő átváltás (*trade-off*) van jelen: alacsony megtakarítás mellett magasabb a fogyasztás, vagyis várhatóan több gyermeke születik az aktív korú ágensnek, viszont az unokáknak kevesebb pénzt tud juttatni. Ezzel ellentétben a nagy megtakarítási hajlandóságúaknak jellemzően kevesebb gyermeke születik, viszont unokáik oktatására több pénzt tudnak fordítani. A tanulmány fő kérdése a megtakarítási viselkedés, vagyis a gén különböző változatainak hosszú távú öröklődése a különböző oktatási rendszerek és a paraméterek függvényében.

Ennek megválaszolására összesen 14 040 szimulációt futtattuk le különböző paraméterbeállításokkal a NetLogo szoftver 5.3.1-es változatával (*Wilensky*, 1999). A szimulációkat 1000 periódus után állítottuk le – úgy találtuk, hogy ennyi elegendő a konvergenciához. A közölt megtakarítási hajlandóság-érték az utolsó 100 periódusbeli érték átlaga.

A vizsgált paraméterek értékeit az 1. táblázat tartalmazza. Az r -rel jelölt kamatláb a reálkamatlábnak felel meg, és egy teljes periódusra, vagyis 25 évre vonatkozik. A vizsgált értékek 0,7 százalék és 2,3 százalék közötti éves reálkamatlábnak felelnek meg. A jövedelemadó-ráta, az oktatási hányad, az oktatási rendszer típusa, illetve a gyermeknevelés költségének értelmezése kézenfekvő; a korosztályok méretének, illetve a zajparaméter értékének korábbi futtatások alapján különösebb jelentősége nincs. Két magyarázatra szoruló paraméter marad, a produktíváseloszlás átlaga ($m = 9$), illetve szórása. Fontos leszögezni, hogy ezek a paraméterek nem fordíthatók le közvetlenül megfigyelhető tulajdonságokra. A produktívás nyilván számtalan belső és külső tulajdonság függvénye, erősen kontextus- és útfüggő, és őket egyszerűen az ágensek attribútumának tekinteni erős, ugyanakkor kényelmes leegyszerűsítés. Az itt megjelölt értékek kiválasztása önkényes volt; az azonban igaz, hogy a megfelelő paraméterek együttes átskálázásával ugyanezeket az eredményeket kapnánk.

1. TÁBLÁZAT

Vizsgált paraméterértékek

Paraméter neve	Jelölés	Vizsgált értékek
Kamatláb	r	1,2; 1,25; 1,3 ... 1,75; 1,8
Jövedelemadó-ráta	T	0,1; 0,2; ... 0,6
Oktatási hányad	o	0; 0,25; 0,5; 0,75; 1
Produktivitáseloszlás átlaga	m	9
Produktivitáseloszlás szórása	σ	1; 3; 9
Oktatási rendszer típusa	–	Esélykiegyenlítő, kompetitív
Korosztályok mérete	k	100
Zaj	$rand$	0,02
Gyermeknevelés költsége	ch	0,1; 0,2; ... 0,6

E beállítások mellett a megtakarítási hajlandóság értékeinek leíró statisztikáit a 2. táblázat tartalmazza. Látható, hogy a modellben az ágensek átlagosan viszonylag keveset takarítanak meg (nettó jövedelmük 14 százalékat), azonban bizonyos paraméterek mellett egészen magas értékeket is elérhetnek a megtakarításaik (akár 91 százalékot). Szembetűnő továbbá az eredmények nagy szórása (1,72-es relatív szórás).

2. TÁBLÁZAT

Megtakarítási hajlandóság

	Mintaelemszám	Minimum	Maximum	Átlag	Szórás
Megtakarítási hajlandóság (s)	14 040	0,000	0,912	0,141	0,243

A továbbiakban regressziókkal vizsgáljuk, hogy a megtakarítási hajlandóság szórását a modell paramétereit mennyiben magyarázzák.

Az alapmodell

Az alapmodell, vagyis az első regressziós egyenlet a következő alakú:

$$s_i = \alpha + \beta_1 r_i + \beta_2 T_i + \beta_3 \sigma_i + \beta_4 o_i + \beta_5 ch_i + \beta_6 \delta_i + \varepsilon,$$

ahol δ_i az oktatási rendszerre vonatkozó kétértékű változó, értéke 0, ha az oktatási rendszer esélykiegyenlítő, 1, ha kompetitív. A becült regressziós paraméterek értékeit a 3. táblázat tartalmazza. Az R^2 mutató értéke 0,381.

3. TÁBLÁZAT

Alapmodell

	Együtthatók		<i>t</i>	<i>p</i>
	β	standard hiba		
Konstans	-0,628	0,014	-43,895	0,000
Szórás	0,009	0,000	19,439	0,000
Kamatláb	0,439	0,009	50,836	0,000
Oktatási hányad	0,150	0,005	32,693	0,000
Oktatási rendszer	0,196	0,003	60,462	0,000
Adókulcs	-0,292	0,009	-30,815	0,000
Gyermeknevelési költség	-0,001	0,009	-0,134	0,893

A 3. táblázatból látható, hogy a gyermeknevelési költség kivételével minden változó együtthatója szignifikánsan különbözik 0-tól 1 százalékos szignifikanciaszinten.

Egyik legfontosabb eredményünk, hogy az együtthatók a szimulációval kapott előjele realiztikus és jól értelmezhető. Magasabb kamatláb, az adók oktatásra fordított magasabb részaránya, illetve alacsonyabb adókulcs mind szignifikánsan növelik a megtakarítási hajlandóságot. Emellett az oktatási rendszer típusa is meghatározó jelentőségű az eredményváltozó szempontjából.

A kamatláb hatása a következő: 10 százalékponttal magasabb kamatláb 4,4 százalékponttal növeli a megtakarítási hajlandóságot. Ha a teljes adóbevétele 50 százalékponttal magasabb részét fordítják oktatásra, az 7,5 százalékponttal növeli a megtakarításokat. Az adókulcs 10 százalékpontos növekedése pedig 3 százalékponttal csökkenti a megtakarítási hajlandóságot.

A kompetitív oktatási rendszerben jelentősen, átlagosan 19,6 százalékponttal magasabb a megtakarítási hajlandóság az esélykiegyenlítő oktatási rendszerhez képest. Ennek magyarázatához fontoljuk meg, hogy az esélykiegyenlítő rendszerben a nagyszülők által unokáiknak juttatott produktívitásbeli növekmény kevésbé jelentős, hiszen az oktatási rendszer elmosza a különbségeket. Ezért a megtakarított pénz jobban növeli unokáik esélyeit a kompetitív rendszerben, így érdemesebb megtakarítani. Esélykiegyenlítő rendszerben viszont a várható gyermekek számát érdemesebb növelni nagyobb fogyasztással (és így alacsonyabb megtakarítással).

A gyermeknevelési költségnek nincs szignifikáns hatása, ami azt mutatja, modellünk eredményei erre a változóra nézve nem érzékenyek. Ez

az eredmény intuitív szempontból talán azért lehet meglepő, mert azt várnánk, hogy magasabb gyermeknevelési költségek mellett a megtakarítások csökkennek, hiszen a magas megtakarítású ágensek fogyasztása nem elegendő a reprodukcióhoz. Ezt az intuíciót azonban modellünk nem igazolta.

Az oktatási rendszer hatása – két részmodell

Ebben a részben azt vizsgáljuk, hogy a változók előjelei megegyeznek-e az alapmodellben találtakéval mindkét oktatási rendszer esetében. Ezért kettébontjuk megfigyeléseinket az oktatási rendszer típusa szerint, és két 7020 mintaelemszámú regressziót illesztünk a részadatokra. A magyarázó változók megegyeznek az alapmodellben használtakkal (értelemszerűen az oktatási rendszer kétértékű változó kivételével).

A 4. táblázat az esélykiegyenlítő oktatási rendszerben élő ágensek megtakarítási hajlandóságait becsli. Látható, hogy a magyarázó változók együttműködésének előjele megegyezik az alapmodellben találtakéval, az oktatási hányad együttműködésének kivételével, amely azonban ebben a részmodellben nem különbözik szignifikánsan 0-tól.

4. TÁBLÁZAT

Esélykiegyenlítő oktatási rendszer

	Együtthatók		<i>t</i>	<i>p</i>
	β	standard hiba		
Konstans	0,024	0,004	6,500	0,000
Szórás	0,001	0,000	8,109	0,000
Kamatláb	0,022	0,002	9,845	0,000
Oktatási hányad	-0,001	0,001	-0,451	0,652
Oktatási rendszer	-0,049	0,002	-20,159	0,000
Adókulcs	0,000	0,002	0,039	0,969

Az 5. táblázat pedig a kompetitív oktatási rendszerre vonatkozó becsléseket tartalmazza. Az együtthatók előjele itt is konzisztens az eddigi eredményekkel.

Látható, hogy a változók közül az oktatási hányad nem szignifikáns az esélykiegyenlítő rendszer regressziójában, viszont szignifikáns a kompetitív oktatási rendszerében. Ennek intuitív magyarázata a következő: esélykiegyenlítő rendszerben egy ágens szempontjából tulajdonképpen mindegy, hogy az oktatási rendszer közvetlenül segíti a gyermekeit, vagy

5. TÁBLÁZAT

Kompetitív oktatási rendszer

	Együtthatók		<i>t</i>	<i>p</i>
	β	standard hiba		
Konstans	-1,084	0,023	-46,503	0,000
Szórás	0,018	0,001	22,441	0,000
Kamatláb	0,857	0,014	60,459	0,000
Oktatási hányad	0,300	0,008	39,939	0,000
Adókulcs	-0,535	0,016	-34,435	0,000
Gyermeknevelési költség	-0,003	0,016	-0,169	0,866

a nyugdíjrendszeren keresztül – hiszen modellünkben a nyugdíjrendszer teljesen egalitáriánus. Egy egalitáriánus nyugdíjrendszer és egy esélyki-egyenlítő oktatási rendszer tehát tökéletes helyettesítőkké válnak, és csak a szociális elosztórendszerbe folyó összvagyon mennyisége (azaz az adókulcs) és a megtakarítások hatékonysága (azaz a kamatláb) lesz hatással a megtakarítási hajlandóságra.

Ezzel szemben a kompetitív oktatási rendszerben a szociális elosztórendszerből az oktatásra fordított jövedelem részaránya pozitív kapcsolatban áll a megtakarításokkal, hiszen ebben az esetben az ágensek arra kényszerülnek, hogy maguk garantálják unokáik produktivitásának növelését. Ahogy az állam egyre nagyobb arányban költ a kompetitív oktatási rendszerre, az utódok termelékenységének – és így reprodukciós esélyeinek – javítása egyre nagyobb mértékben a magánmegtakarításokon alapuló nagyszülői tudástranszferre hárul.

A két regressziós modell közötti további fontos eltérésnek látszik, hogy a magyarázó változók és a megtakarítási hajlandóság közötti kapcsolat erőssége függ az oktatási rendszer típusától. Ezt a sejtést formálisan is megvizsgáljuk a következőkben.

Az oktatási rendszer hatása – kibővített regressziós modell

Az oktatási rendszer meghatározó szerepének meghatározásához két interakciós tagot adunk hozzá az alapmodell magyarázó változóihoz: az (oktatási rendszer \times adókulcs), illetve az (oktatási rendszer \times oktatási hányad) interakciót. A kibővített modell eredményeit a 6. táblázat tartalmazza.

Ebben a modellben az interakciós tagok is szignifikánsak 1 százalékos szinten. Ez alapján a kompetitív oktatási rendszerben valóban erősebb a

6. TÁBLÁZAT

Kibővített regressziós modell

	Együtthatók		<i>t</i>	<i>p</i>
	β	standard hiba		
Konstans	-0,638	0,014	-45,852	0,000
Szórás	0,009	0,000	20,763	0,000
Kamatláb	0,439	0,008	54,300	0,000
Oktatási hányad	-0,001	0,006	-0,087	0,931
Adókulcs	-0,049	0,013	-3,894	0,000
Gyermeknevelési költség	-0,001	0,009	-0,143	0,886
Oktatási rendszer	0,216	0,008	26,531	0,000
Adókulcs \times kompetitív	-0,486	0,018	-27,408	0,000
Oktatási hányad \times kompetitív	0,300	0,009	35,043	0,000

kapcsolat a különböző közpolitikai változók és az ágensek megtakarítási hajlandósága között, mint az esélykiegyenlítő rendszerben.

Előbbi megfigyeléseink az oktatási hányadra vonatkozóan megerősítést kapnak. Kibővített regresszióinkban az oktatási hányad csak kompetitív oktatás mellett van szignifikáns hatással a megtakarításokra. Az adókulcs esélykiegyenlítő rendszerben is szignifikáns és negatív, azonban szerepét nagyban megnöveli a kompetitív rendszer.

Ugyan modellünk demográfiaileg zárt, vannak érdekes demográfiai jellemzői. Mivel a reprodukció fogyasztásarányos, egy demográfiaileg nyitott modellben a magasabb megtakarítások alacsonyabb gyermekvállalással párosulnának. Az a következtetés, hogy magasabb adók és szociális kiadások, illetve alacsonyabb kamatláb mellett a gyermekvállalási kedv nő, talán kevésbé meglepő. Érdekesebb azonban, hogy modellünk azt jósolja, hogy kompetitív oktatási rendszer mellett a családok kevesebb gyermeket vállalnak (hiszen inkább megtakarítanak). Ez a megfigyelés számos érdekes kérdést vet fel az oktatás- és családpolitika kapcsolatáról.

Mivel semmilyen megtakarítás nem vész el, és a kamatláb szigorúan pozitív, nagyobb megtakarítások nagyobb kibocsátáshoz vezetnek. Ezért ha a gazdaságpolitika egyetlen célja a GDP maximalizálása, modellünk-ből az látszik, hogy – az adók minimalizálása mellett – a döntéshozóknak egy kompetitív oktatási rendszert érdemes választaniuk. Itt meg kell jegyeznünk, hogy a bemutatottnál kompetitívebb rendszerek – olyanok, amelyek a természetes adottságokból származó eltéréseket felerősítik – is konstruálhatók, illetve ilyenek minden bizonnyal léteznek is. Teljesen

világos, hogy a kompetitív oktatás az egyenlőtlenségek növelésével jár. Hasonlóképpen, a fenti gondolatmenetet követve, a megtakarítások növekedésének ára az alacsonyabb gyermekvállalási kedv. Modellünk tehát reprodukálja a klasszikus átváltást egyrészt a gazdasági növekedés és az egyenlőtlenség, másrészt a gazdasági növekedés és a demográfiai stabilitás között.

TOVÁBBI KÉRDÉSEK ÉS KUTATÁSI IRÁNYOK

Cikkünk célja nem az, hogy lezárjon egy vitát, hanem hogy egy új módszertanra épülő modellt és eredményeit mutassa be. Mint a bevezetőben említettük, az ágensalapú modellezés egyik fő előnyét a modellek rugalmassága jelenti. Ezért itt szeretnénk kiemelni, hogy milyen más kérdéseket lehet vizsgálni modellünk segítségével, a fenti algoritmus csekély módosításaival, illetve kiterjesztéseivel.²

Modellünk alapvető feltevése, hogy a társadalom három azonos méretű nemzedékből áll, azaz a gyermekek, a felnőttek és az idősek részaránya időben változatlan. Ez a feltevés ilyen formában nyilvánvalóan egyetlen társadalomban sem áll fenn, hiszen az idő előtti elhalálozások miatt a stacionárius népességű társadalmak korfájában is több fiatalnak kell lennie, mint idősnak. Ennél azonban lényegesebb változtatást jelentene a szisztematikusan előregedő, illetve fiatalodó társadalmak vizsgálata. Mindkét esetben feltehető a kérdés, hogy vajon az idősek/ fiatalok növekvő részaránya hogyan hat a jóléti állam méretére? Különleges esetet jelentene a demográfiai sokkok (például háború) vizsgálata, ahol mind a fiatalok, mind az idősek részaránya ideiglenesen megnőhet. Érdekes történelmi kérdés, hogy a második világháború utáni európai gazdaságok újraelosztási struktúrájára milyen hatással volt a korábbi demográfiai sokk.

A modellünkben működő három újraelosztási rendszer természetesen nagyon leegyszerűsítő. Egy realiztikusabb (például minimálisan: befizetésarányos) nyugdíjrendszer elengedhetetlen a modell alkalmazási lehetőségeinek bővítéséhez. Természetesen az oktatási rendszerből származtatható, illetve a nemzedékek közötti tudástranszferből eredő produktivitásnövekedést nagyon nehéz számszerűsíteni, így a modell empirikus adatokból való paraméterezése problematikus marad.

² A szimuláció programkódját a szerzők kérés esetén e-mailben rendelkezésre bocsátják.

Hiányzik modellünkben az állami újraelosztás egy másik pillére, a munkanélküli-segély – ennek egyszerű oka az, hogy teljes foglalkoztatást tételezünk fel. Egy komplexebb modellben a produktivitás nemcsak az ágensek jövedelmét, hanem munkavállalási lehetőségeiket is meghatározná. Így meg lehetne vizsgálni a strukturális munkanélküliség és a jóléti állam méretének kapcsolatát. Egy ilyen modellben az adójövedelmet háromféle szociális kiadásra lehet fordítani, a három nemzedék szociális igényeinek függvényében.

Elemzésünk homlokterében a megtakarítási hajlandóság áll – ez az ágensek egyetlen örökölt tulajdonsága. A gének bővítésével újabb lehetséges szelekciós erőket lehetne vizsgálni. Például modellünkben a produktivitás egyáltalán nem örökölhető. Ha az egyének intelligenciáját tekintjük a produktivitásuk megközelítő változójának, akkor ez a feltevésünk nem illeszkedik jól azokhoz a vizsgálatokhoz, amelyek a szülők és a gyermekek intelligenciája közötti szoros korrelációt mutatják ki, az egyéb tényezők kontroll alatt tartása után is (*Devlin–Daniels–Roeder* [1997]).

A közpolitikát leíró paraméterek endogenizálása közelebb hozná szimulációkat *Razin és szerzőtársai* [2002] és *Simonovits* [2007] modelljeihez. Ezt úgy lehetne megvalósítani, hogy ágenseinket politikai preferenciáikat leíró génekkel is felruházzuk, és ezek a megtakarítási preferenciához hasonlóan öröklődnének. Ennél a továbbfejlesztési iránynál a legfontosabb nehézséget az jelentené, hogy ha a közpolitikát a medián szavazó pozíciója egyértelműen meghatározza, akkora politikai preferenciákra vonatkozó szelekció igen gyenge. Ezt a konceptuális problémát egy csoport szelekciós mechanizmus bevezetésével lehetne kezelni – azaz egy-egy szimulációban több versengő társadalmat vizsgálhatnánk, miközben az egyes társadalmakon belül az egyének egymással versengének a reprodukcióért.

További érdekes kutatási irány a nagyszülők unokáknak juttatott tudástranszferének bonyolítása. A nagyszülőtől kapott tudástranszfer éppúgy lehetne esélykiegyenlítő vagy kompetitív, mint a közoktatás, például a nagyszülők dönthetnének úgy, hogy az eleve nagyobb születési produktivitású unokáikra vagyonuk nagyobb részét fordítják. A nagyszülők tudástranszfer iránti attitűdjét szintén egy gén jellemezné, ami éppúgy tárgya volna a szelekciónak, mint eredeti modellünkben a megtakarítási hajlandóság.

Zárásképpen a szerzők szeretnék megemlíteni, hogy közgazdasági gondolkodásuk formálódásában (és tudományos produktivitásuk növelésében!) fontos szerepet játszott a Simonovits Andrástól származó közvetlen és közvetett tudástranszfer.

HIVATKOZÁSOK

- ALLAIS, M. [1947]: *Economie et intérêt*. Imprimerie Nationale, Párizs.
- BLACK, D. [1948]: On the rationale of group decision-making. *The Journal of Political Economy*, Vol. 56. No. 1. 23–34. o.
- CRABTREE, G. R. [2013]: Our fragile intellect. Part I. *Trends in Genetics*, Vol. 29. No. 1, 1–3. o.
- DEVLIN, B.–DANIELS, M.–ROEDER, K. [1997]: The heritability of IQ. *Nature*, Vol. 388. No. 6641. 468–471. o.
- GOLDBERG, D. E. [1989]: *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*. Addison-Wesley, Reading, MA.
- MOLNÁR GYÖRGY–SIMONOVITS ANDRÁS [1996]: Várákozások, stabilitás és működőképesség az együttélő korosztályok realista modellcsaládjában. *Közgazdasági Szemle*, 43. évf. 10. sz. 863–890. o.
- MOLNÁR GYÖRGY–SIMONOVITS ANDRÁS [1998]: Expectations, (in)stability and (in)viability in realistic overlapping cohorts models. *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol. 23. No. 2. 303–332. o.
- RAZIN, A.–SADKA, E.–SWAGEL, P. [2002]: The aging population and the size of the welfare state. *The Journal of Political Economy*, Vol. 110. No. 4. 900–918. o.
- SAMUELSON, P. A. [1958]: An exact consumption-loan model of interest with or without the social contrivance of money. *The Journal of Political Economy*, Vol. 66. No. 6. 467–482. o.
- SHELLING, T. C. [1971]: Dynamic models of segregation. *The Journal of Mathematical Sociology*, Vol. 1. No. 2. 143–186. o.
- SIMONOVITS ANDRÁS [1995a]: On the number of balanced steady states in a realistic overlapping cohorts model. *Acta Oeconomica*, Vol. 47. No. 1–2. 51–67. o.
- SIMONOVITS ANDRÁS [1995b]: Együttélő korosztályok modellcsaládjá. *Közgazdasági Szemle*, 42. évf. 4. sz. 358–386. o.
- SIMONOVITS ANDRÁS [2007]: Can population ageing imply a smaller welfare state? *European Journal of Political Economy*, Vol. 23. No. 2. 534–541. o.
- SIMONOVITS ANDRÁS [2009]: Keresetbevallás és újraelosztás az együttélő nemzedékek modelljében. *Közgazdasági Szemle*, 56. évf. 1. sz. 101–118. o.
- WILENSKY, U. [1999]: NetLogo. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/> Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University, Evanston, IL.