

Burka Dávid

Számítástudományi Tanszék

Témavezetők:

Dr. Tasnádi Attila, DSc

Dr. Mohácsi László, PhD

Copyright

Budapesti Corvinus Egyetem
Gazdaságinformatika Doktori Iskola

Demográfiai előrejelzések és
nyugdíj kutatás támogatása
mikroszimulációs módszertanok
alkalmazásával

doktori értekezés

Burka Dávid
Budapest, 2019.

Tartalomjegyzék

Bevezető	1
1 Kutatási kérdések és módszertanok	4
2 Fenntartható fejlődés – fenntartható társadalom	7
2.1 Idősödő társadalom	8
2.1.1 Demográfiai folyamatok	10
2.1.2 Hazai trendek	18
2.1.3 A társadalom öregedésének következményei	23
2.2 Időskori gondoskodás	24
2.2.1 Nyugdíjrendszerek típusai	25
2.2.2 Magyar nyugdíjrendszer	27
2.2.3 Nyugdíjrendszerek nemzetközi viszonylatban	30
2.3 Kormányzati válaszlehetőségek a demográfiai folyamatokra	32
3 Demográfiai előrejelzések	38
3.1 Előrejelzési módszertanok	38
3.1.1 Kohorsz-komponens módszer	39
3.1.2 Ágens modellek	42
3.1.3 Mikroszimuláció	43
3.2 Választás indoklása	47
3.3 Megvalósult előrejelzések	48
4 Modellezéshez szükséges adatok beszerzésének problémái	52
4.1 Adatkezeléshez kapcsolódó fogalmak	52

4.2	Nemzeti adatvagyon	55
4.3	Fellelhető adatok köre	57
4.4	Adatforrások elérhetősége	62
4.5	Az elérhető adatok minőségének vizsgálata	63
4.6	Szimulációk a rendelkezésre álló adatok tükrében	66
4.7	Modellezés kapcsolódó adاتمűveletek	67
4.7.1	Statisztikai adatillesztés	67
4.7.2	Paraméterek továbbvezetése	68
4.7.3	Adatok visszavezetése	70
5	Mikroszimulációs keretrendszer	71
5.1	Keretrendszer tervezése	72
5.1.1	Követelmény specifikáció	72
5.1.2	Megvalósíthatóság	73
5.1.3	Mikromodulok	75
5.2	A megvalósított keretrendszer, a Simulation Framework bemutatása	78
5.2.1	Adatkezelés	79
5.2.2	Modellépítés	82
5.2.3	Eredmények lekérdezése	84
5.3	A keretrendszerrel kapcsolatos technológiai kihívások	86
5.3.1	Párhuzamos architektúra	86
5.3.2	Determinisztikus véletlen szám generálás	89
5.3.3	Párválasztás kezelése	90
5.4	Továbbfejlesztési lehetőségek	92
6	Hatásvizsgálatok	94
6.1	Alaptulajdonságok	95
6.2	Demográfiai alapmodell	96
6.2.1	Előfeltevések	97
6.2.2	Halálozás	97
6.2.3	Születések	97
6.2.4	Kiinduló populáció	98
6.2.5	Kiértékelés	98

6.3	Karrier modell	99
6.3.1	Előfeltevések	101
6.3.2	Halálozás	102
6.3.3	Születések	107
6.3.4	Iskolázottság és karrier	110
6.3.5	Kiinduló populáció	114
6.3.6	Kiértékelés	116
6.4	Társadalmi csoport modell	119
6.4.1	Előfeltevések	121
6.4.2	Kisebbségi csoportok	121
6.4.3	Határon túli magyarok	123
6.4.4	Kiértékelés	124
6.5	Nyugdíj modellek	126
6.5.1	Előfeltevések	127
6.5.2	Jövedelem és járulékok	127
6.5.3	Öregségi nyugdíj járadék	130
6.5.4	Kiértékelés	131
6.6	Konklúzió	138
	Összefoglalás	141
	Irodalomjegyzék	145
	Publikációs jegyzék	153
	Függelék	154
A	Európai migráció 2012-ben	154
B	Melbourne Mersen Globális Nyugdíj Index	157
C	Nők lélekszáma	159
D	Determinisztikus végzettségek alakulásának valószínűsége	166
E	Különböző karrier modellek végzettség eloszlásainak alakulása	167
F	Nyugdíj szorzók	169

Ábrák jegyzéke

1	60 év felettiek aránya régiónkénti bontásban (United Nations, 2015b)	9
2	A várható élettartamok alakulása (United Nations, 2015b)	11
3	Teljes termékenységi arányszámok (United Nations, 2015b)	16
4	Nettó migráció a népességek százalékos arányában 2012-ben (United Nations, 2015b)	18
5	Magyar korfa (KSH interaktív korfa)	19
6	Magyar halálozási valószínűségek alakulása (Mohácsi, 2014)	20
7	Országok klaszterezése az MMGPI alindexeik alapján (Index, 2017)	31
8	Demográfiai előrejelzési módszertanok	39
9	Mikroszimuláció illusztráció	44
10	Mikroszimuláción alapuló előrejelzés folyamatábrája	79
11	Induló populáció adatainak tárolása	80
12	Paraméterek megadása	81
13	Személyek tulajdonságainak beállítása	82
14	Blokkprogramozási felület	83
15	Eredmények lekérdezése	85
16	Valós és modell demográfiai mutatók összehasonlítása	100
17	Halálozási valószínűségek változásai Magyarországon	103
18	k_t érték előrejelzése	106
19	Szülési valószínűségek alakulása	109
20	Végzettség eloszlások átlagos alakulása az egyes karrier modellek esetén	117
21	Születés számok alakulása az egyes karrier modellekben	118
22	TFR alakulása az egyes karrier modellekben	119

23	Várható élettartamok alakulása az egyes karrier modellekben	120
24	Az egyes társadalmi csoportok lélekszámának változásai	125
25	A társadalmi mobilitás hatása a népesség alakulására	125
26	Jövedelem eloszlások	133
27	Adekvátsági ráták alakulása	134
28	Járulék bevételek és járadék kiadások az egyes nyugdíjrendszerekben . .	135
29	Gazdasági növekedés hatása az arányos modell költségvetésére	136
30	Alap nyugdíjmodell költségvetése	137
31	Arányos nyugdíjmodell költségvetése	137
32	Rendszerfüggőségi hányados érzékenysége a nyugdíjkorhatár változására	140

Táblázatok jegyzéke

1 Az idősök aránya a korhatár változtatása esetén (United Nations, 2015b)	9
2 Jövedelmek és munkaviszony alakulása a végzettség függvényében	129
3 Szolgálati idő átmenet-valószínűség mátrixa	129
4 Szimulációk futási idejei	140

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani a támogatásért családtagjaimnak, barátaimnak és kollégáimnak. Külön köszönet a páromnak, akinek az odaadása nélkül ez az értekezés csak évekkel később készült volna el. Hálás vagyok Dr. Kovács Erzsébetnek, Dr. Ágoston Kolos Csabának, Dr. Vékás Péternek, Kovács Lászlónak és Dr. Simonovits Andrásnak a demográfia és nyugdíj kutatás kapcsán nyújtott segítségükért és tanácsaikért. Köszönöm Csicsman Józsefnek, hogy hatalmas szakmai tapasztalatával támogatta a munkámat. Szeretnék köszönetet mondani a témavezetőimnek: Dr. Tasnádi Attilának a tanácsaiért, az emberi támogatásért és amiért megismertetett a tudományos világgal. Dr. Mohácsi Lászlónak pedig köszönöm a rengeteg segítséget és támogatást, mind a kutatásban, mind az életben. Ő indított el a tudományos pályán, így nélküle ez az értekezés nem jöhetett volna létre.

Bevezető

A fejlett országokban az elmúlt néhány évtized gazdasági és társadalmi folyamatai olyan jelentős változásokon mentek át, melyekhez hasonló az ipari forradalom óta nem történt. A digitalizáció teljesen megváltoztatta a piacok szerkezetét, a materiális javak helyett a szellemi termékek dominálják a legtöbb iparágat. Az egészségügy és a technológia fejlődésének következtében javuló életkörülmények pedig a modern társadalmak elidősödéséhez és a népesség folyamatos csökkenéséhez vezettek. Az összetett demográfiai változások számos új, korábban nem tapasztalt kihívás elé állítják a politikai döntéshozókat. Az egyik legjelentősebb ilyen kihívás a nyugdíjrendszer pénzügyi fenntarthatóságának biztosítása az idősök mindenkori adekvát életkörülményeinek megvalósítása mellett.

A demográfiai trendek következtében a mindenkori kormánynak gondoskodnia kell a jelenlegi magyar nyugdíjrendszer fenntarthatóságáról. Számos nyugdíj kutatás és elmélet célja elősegíteni a döntéshozatalt a kialakult helyzet kapcsán. A demográfiai folyamatok lassú lefolyása miatt azonban a nyugdíjrendszerrel kapcsolatos változtatások hatásai csak hosszú távú előrejelzések segítségével mérhetők fel.

Az egyes elméletek és reform javaslatok általában egymástól eltérő előfeltevésekre alapozott demográfiai – és nyugdíj – modelleket építenek fel. Számos modell egyszerűen továbbvezethető, de amennyiben a cél az egyes elméletek összehasonlítása, akkor egy olyan közös alapra kell építeni a modelleket, amely minden elmélet előfeltevéseinek eleget tesz. Egy ilyen összetett modell azonban már meghaladja a leginkább elterjedt demográfiai előrejelzési módszerek (pl.: kohorsz-komponens) korlátait. Felmerülnek ugyanis olyan jelenségek, melyeket nem lehet aggregáltan, a csoportok szintjén kezelni. Ezek általában nem írhatók le egy folytonos függvénnyel, viszont modellezhetők például Markov-láncok vagy összetett szabályrendszerek segítségével az egyének szintjén. A mikroszimulációs módszertanon alapuló előrejelzé-

sek képesek kezelni az ilyen jelenségeket és szinte korlátlanul bővíthetők komplexitás tekintetében is. Ezen felül – más módszerekkel ellentétben – képesek választ adni eloszlási jellegű kérdésekre is. A mikroszimulációs módszertan segítségével tehát jól összehasonlíthatóvá válnak a nyugdíjrendszerrel kapcsolatban tervezett változtatási javaslatok hatásai.

Jelen értekezés célja egy olyan, mikroszimuláción alapuló demográfiai előrejelző módszertan kidolgozása és verifikálása, melynek eredményeire alapozva lehetőség nyílik a különböző nyugdíjmodellek számszerűsíthető, egzakt módon történő összehasonlítására. Ezen felül bemutatásra kerül egy a szerző által, a kidolgozott módszertan támogatása céljából fejlesztett mikroszimulációs keretrendszer, melynek segítségével egyszerűen implementálhatók a megtervezett demográfiai modellek és lefuttathatók a kapcsolódó szimulációk.

Az értekezés első fejezetében meghatározásra kerülnek a pontos kutatási célok és a főbb kutatómódszertani megoldások.

A második fejezet bemutatja a népesség elidősödéséhez vezető társadalmi és gazdasági folyamatokat, valamint a változások következtében fellépő olyan kihívásokat, mint a nyugdíjrendszer fenntarthatósága. Ismertetésre kerül a jelenlegi magyar nyugdíjrendszer és a kialakulásának története, valamint a nemzetközi gyakorlattal történő összehasonlítása. Végül áttekintésre kerülnek olyan, a társadalmi fenntarthatósággal kapcsolatos kihívásokra adható, kormányzati válaszlehetőségek, melyek hatásvizsgálatai során szükség lehet egy összetett modellt igénylő előrejelzésre.

A harmadik fejezet ismerteti a demográfiai előrejelzések során alkalmazható különböző módszereket és a választott módszertan mellett szóló érveket. A mikroszimuláció fő hátránya, hogy általában rendkívül részletes adatforrásokat és magas szintű programozói ismereteket – valamint jelentős számítási kapacitást – igényel. A következő két fejezet rendre ennek a két problémának a kezelésére fókuszál. A fejezet végén áttekintésre kerülnek a demográfiai előrejelzések terén a nemzetközi gyakorlatban – és korábban Magyarországon – alkalmazott mikroszimulációs megoldások és a hozzájuk kapcsolódó keretrendszerek.

A negyedik fejezet célja a magyarországi, demográfiai előrejelzések szempontjából releváns adatvagyon és a törvényi vagy rendeleti úton szabályozott rendszeres adatgyűjtések feltérképezése, valamint a rendelkezésre álló adatok hozzáférhetőségének és minőségének vizsgálata. Áttekintésre kerülnek a demográfiai szimulációk

azon területei, melyeket az elérhető adatforrások alapján, megfelelően részletezett módon meg lehet valósítani. Végül ismertetésre kerülnek a mikroszimulációs módszertanhoz kapcsolódó, specifikus adat előkészítési műveletek.

Az ötödik fejezet bemutatja a demográfiai modellek implementálásához fejlesztett Simulation Framework nevet viselő keretrendszert és annak tervezési folyamatát. Áttekintésre kerülnek a sebesség, a rugalmasság és a könnyen kezelhetőség kritériumainak kiegyensúlyozása kapcsán hozott tervezői döntések és kompromisszumok, valamint az ezekhez kapcsolódó lényeges technológiai megoldások. Ezen felül a fejezet tartalmazza a rendszer működésének és a használatának részletes leírását.

Az értekezés utolsó fejezetében bemutatásra kerülnek a szerző által megtervezett, a Simulation Frameworkben implementált demográfiai és nyugdíjmodellek. A leírt modellek célja a mikroszimulációs előrejelző módszertan alkalmazásának bemutatása, és nem a valós társadalmi és gazdasági helyzetre vonatkoztatható következtetések levonása. A modellek fókuszában az iskolai végzettség és a születési valószínűségek közti összefüggések állnak. A három, ugyanarra a továbbvezetett népességre épülő – közgazdasági szempontból egyszerű – nyugdíjmodell áttekintését követően a fejezetet a modellek és a szimulációs rendszer értékelése zárja.

Az értekezés folyamán bemutatott keretrendszer forráskódja több ezer soros, a bemutatott modellek részletes kimenetei pedig több GB-nyi tömörített állományt eredményeznek. Ezért ezek az állományok nem képezik részét a dolgozatnak. A szoftver, a modellek kiinduló állományai és az egyes modellek konfigurációs fájljai megtalálhatóak a *web.uni-corvinus.hu/~dburka/thesis* címen. Így az egyes modellek eredményei reprodukálhatók a megfelelő beállításokkal futtatott szimulációk segítségével.

1. fejezet

Kutatási kérdések és módszertanok

A fejlett országok számára a társadalom elöregedése jelenti az elmúlt – és várhatóan következő – évtizedek egyik legjelentősebb kihívását. A mortalitási ráták javulása és a születésszámok csökkenése miatt átalakulóban van a lakosság életkor szerinti összetétele. A népesség folyamatosan fogy, és egyre nő a nyugdíjaskorúak száma, ezért folyamatosan csökken a népességben az aktív dolgozók aránya. Ennek következtében csökken a termelésben résztvevők száma, és egyre magasabbá válik a nyugdíjrendszer által a társadalomra rótt teher. A gazdasági és szociológiai változások következtében a kormányzatoknak olyan új kihívásokkal kell szembenézniük, amelyek rendkívül lassú lefutású folyamatok eredményei, ezért a kihívásokra adott válaszlépések hatásait csak hosszú távú előrejelzések segítségével lehet megbecsülni. Jelen dolgozat célja a fent leírt kihívások kezelésével kapcsolatos döntéshozatal támogatása és az ehhez szükséges hosszú távú demográfiai előrejelzések és hatásvizsgálatok módszertani keretének kidolgozása, valamint az előrejelzések előfeltételeinek (rendelkezésre álló adatok, jogi környezet) vizsgálata.

A hosszú távú előrejelzések során a rövidtávúhoz képest nagyságrendileg megnő a kiinduló adatok hibáinak az eredményekre gyakorolt hatása. A makró jellegű, aggregált adatok esetén adatvesztés lép fel, és az ebből adódó hiba jelentősen torzíthatja az akár ötven éves előrejelzések eredményeit. Ezen felül a társadalmi változások nyomán követéséhez elengedhetetlen a népesség különböző tulajdonságok mentén

vett eloszlásának vizsgálata is. A kormány tervezett családtámogatási programja szempontjából például kiemelkedő jelentőségű a családok gyermekek száma szerint vett eloszlásának alakulása.

Az 1990-es rendszerváltás előtt a legtöbb munkavállaló folyamatosan foglalkoztatásban állt, ám napjainkra egyre gyakoribb jelenség a töredezett karrier pálya. Ennek a változásnak a következő évtizedekben jelentős hatása lesz a nyugdíjrendszerre, így az előrejelzések kapcsán mindenképp figyelembe kell venni ezt a folyamatot. A jelenség azonban nem írható le egy analitikusan kezelhető függvénnyel, ezért nem modellezhető olyan módszertanok alkalmazásával, melyek csoportszinten aggregált mutatókkal dolgoznak.

A fent említett problémák miatt nem alkalmazhatók az olyan „hagyományos” előrejelzési módszerek, mint a kohorsz-komponens módszer vagy multi-agens alapú modellezés (3. fejezet). Ezért a felvázolt elemzések a szimulációban résztvevő egyedek életútját egyesével végigkövető, mikroszimulációs módszertanra építve kerülnek megvalósításra. A mikroszimuláció alkalmazásához azonban jelentős számítási kapacitás, magas szintű szoftverfejlesztői ismeretek és rendkívül részletes adatforrások szükségesek. Jelen értekezés egyik célja ezért ezeknek a nehézségeknek az áthidalása.

Mind a társadalom előregedésében, mind a fejlett országok népességének fogyásában döntő szerepe van a születésszámok folyamatos csökkenésének. A gyermekvállalási hajlandóság alakulásának megértése elengedhetetlen a társadalmi kihívásokra tett kormányzati válaszlépések hatásvizsgálatai során. Az elmúlt évek bevándorlási hullámai pedig egyre inkább indokolják az országban élő, eltérő kulturális háttérrel rendelkező csoportok közti demográfiai különbségek figyelembevételét is. Mindezen felül egy őszülő társadalom esetén elengedhetetlen az idős népesség megfelelő életkörülményeinek biztosítása. Azokban az országokban, ahol a nyugdíjrendszer kiadásait az aktív dolgozók befizetései fedezik, a rendszer pénzügyi fenntarthatósága jelentős reformokon keresztül valósítható csak meg. Magyarország történelmi okok miatt ebbe a csoportba tartozik.

Jelen kutatás célja a mikroszimulációs megközelítésre épülő demográfiai és gazdasági előrejelzések megvalósításához szükséges elemzési környezet megteremtése és az ehhez kapcsolódó módszertanok verifikálása (6. fejezet). A cél nem a tényleges társadalmi és gazdasági problémákra történő válaszadás, hanem a módszertan kidolgozása és részletesen kidolgozott hatásvizsgálatokon keresztül történő bemu-

tatása. A kutatás támogatása érdekében megtervezésre és lefejlesztésre került egy szimulációs keretrendszer (5. fejezet), mely lehetőséget ad a felvetett kutatási kérdésekkel kapcsolatos modellek implementálására és a hatásvizsgálatok elvégzésére. A kvantitatív elemzések mellett a kutatás részét képezi még a Magyarországon rendelkezésre álló adatforrások részletes kvalitatív vizsgálata (4. fejezet) az aktuális törvényi keretek alapján. Mindezek alapján jelen értekezés a következő kérdésekre keresi a választ:

- K1. Léteznek-e olyan adatforrások Magyarországon melyek lehetővé teszik hosszú távú, részletes (mikroszimuláción alapuló), demográfiai előrejelzések megvalósítását?
- K2. Megvalósítható-e egy olyan könnyen kezelhető, rugalmas és gyors mikroszimulációs keretrendszer, mely lehetőséget ad a felvázolt gazdasági és társadalmi kihívások hatásvizsgálatainak implementálására, és mindeközben nem lépi túl egy átlagos irodai számítógép erőforrás kereteit?
- K3. Vizsgálható-e a népesség összetételének alakulása az iskolázottság és a gyermekvállalási hajlandóság közti kapcsolat, valamint a Magyarországon rendelkezésre álló statisztikai adatforrások alapján?
- K4. Vizsgálható-e a különböző nyugdíjrendszerek adekvátsága a jövedelmek eloszlása mentén?
- K5. Vizsgálható-e a különböző nyugdíjrendszerek pénzügyi fenntarthatósága külső hatások figyelembe vétele mellett?

2. fejezet

Fenntartható fejlődés – fenntartható társadalom

A fejlődés fenntarthatósága egyike a XXI. század legfontosabb problémaköreinek. Az Egyesült Nemzetek Szervezetének (ENSZ) Brundtland-jelentése (Brundtland, 1987) alapján: *„a fenntartható fejlődés olyan fejlődési folyamat, ami kielégíti a jelen szükségleteit, anélkül, hogy csökkentené a jövő generációk képességét, hogy kielégítsék saját szükségleteiket”*. A köztudatban a fenntartható fejlődés fogalma szinte összeolvadt a környezetvédelemmel, de a fogalom eredeti jelentése a társadalmi és gazdasági fejlődésnek és a környezet elhasználódásának kapcsolatára vonatkozik (United Nations, 2005). Ez a három pillér azonban nem feltétlenül egyenrangú: a társadalom a környezet része, a gazdaság pedig inkább a társadalom egy alrendszere.

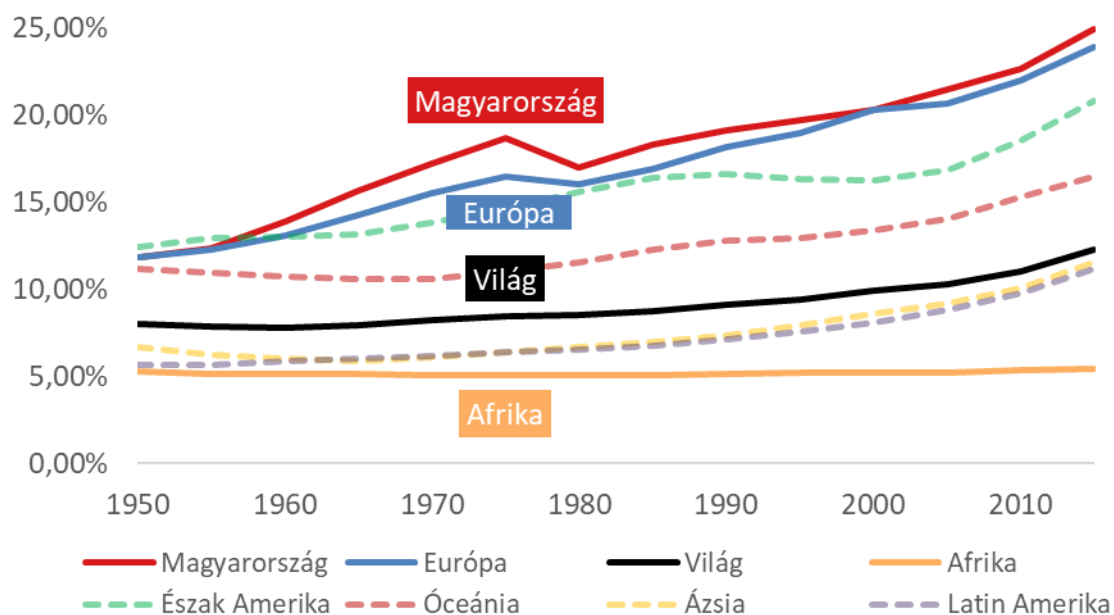
A fenntarthatóság egyfajta körkörös erőforrás felhasználást jelent, és nem triviális az a kérdés, hogy a folyamatos „növekedés” összeegyeztethető-e a véges erőforrásokkal. Az öntözések során felhasznált ivóvíz, a fosszilis tüzelőanyagok kitermelése és az erdőirtás folyamatosan nehezen újratermelődő erőforrásokat emészt fel, de ezek felhasználása arányos a népesség növekedésével. Amíg évről évre visszatérő probléma a Föld túlnépesedése, addig a legfejlettebb országok évtizedek óta a népesség csökkenéssel és a társadalom elidősödésével küzdenek. Az életkörülmények javulása egyre inkább megterheli a környezetet, de a legnagyobb ökológiai lábnyomú népesség folyamatosan fogy. Számtalan kutatás foglalkozik a környezeti értékek fenntarthatóságával, a társadalmi – és gazdasági – fejlődés azonban sokszor háttérbe szorul ezzel

szemben. A fejlődés csak akkor fenntartható, ha az egyének életkörülményei lehetővé teszik a környezetre való odafigyelést és a lakosság megfelelően művelt ahhoz, hogy felismerje a problémákat, és tudatosan tegyen ellenük. Tehát a társadalom fenntarthatósága nélkül nem biztosítható a fenntartható fejlődés. Emiatt jelen dolgozat a fenntartható fejlődés társadalmi – és ezzel kapcsolatban gazdasági – aspektusaira fókuszál. Ebben a fejezetben pedig bemutatásra kerülnek a fejlett országok főbb demográfiai jellegű problémái, illetve az ezekre adható kormányzati válaszlehetőségek.

2.1. Idősödő társadalom

A növekvő születéskor várható életkor és a csökkenő születésszám következtében a világ összes országában folyamatosan növekszik az idősek száma és aránya a népességben belül, és ez nem csak a fejlett országokra igaz. A 60 évesnél idősebb korosztály lélekszáma gyorsabban növekszik, mint bármely más korcsoporté, a növekedés üteme pedig egyre gyorsul (United Nations, 2015a). 2015-re a világ népességének átlagos születéskor várható életkora meghaladta a 70 éves kort (World Health Organization, 2015). A fejlettebb régiókban jelentősen alacsonyabb a gyermekvállalási hajlandóság és magasabb a várható élettartam, ezért sokkal gyorsabb a társadalom előregedése (1. ábra). Ez egy olyan, egyre gyorsuló, közel száz éves folyamat eredménye, mely a kevésbé fejlett országokban csak az utóbbi néhány évtizedben indult el. A „le-maradott” régiókban azonban a folyamat gyorsabban megy végbe, mint korábban a fejlettekben (United Nations, 2015a), ezért az ebből adódó változásokhoz sokkal nehezebb lesz adaptálódni.

Európában a legnagyobb az idősek aránya a társadalmon belül: 2015-ben a népesség közel negyede számított idősnek, szemben az 1950-es 12%-al. Az időskor definíciója azonban erősen befolyásolja a változások megítélését. Az ENSZ kiadványai a 60 év felettieket tekintik az idős korcsoportnak, azonban a korhatár ilyen jellegű meghatározása torzíthatja a számokat, hiszen az emberek várható életkora folyamatosan növekszik. Logikusabb lenne az adott régió várható élettartama alapján meghatározni az időskor határát (Lutz/Sanderson/Scherbov, 2008). Ezt figyelembe véve az 1. táblázatban látható, hogy adott korhatárok mellett hogyan alakult az idősek aránya a világon és Európában. Az európai 70 év felettiek 2015-ös aránya közel megegyezik az 1950-es 60 év felettiek arányával, míg világ szinten a 65



1. ábra. 60 év felettek aránya régiókénti bontásban (United Nations, 2015b)

és 60 éves korhatárok esetén hasonló a helyzet. Természetesen ez az összehasonlítás figyelmen kívül hagyja minden az idősödéshez vezető tényezőt a várható élettartam növekedésén kívül (lásd 2.1.1. fejezet), de ennek ellenére a számok jól szemléltetik, hogy az idősor definíciójának megválasztása torzíthatja a változások mértékének megítélését.

Idős korhatár	1950		2015	
	Európa	Világ	Európa	Világ
60	11,85%	8,00%	23,89%	12,25%
65	7,97%	5,10%	17,56%	8,27%
70	4,83%	2,91%	12,38%	5,34%

1. táblázat. Az idősek aránya a korhatár változtatása esetén (United Nations, 2015b)

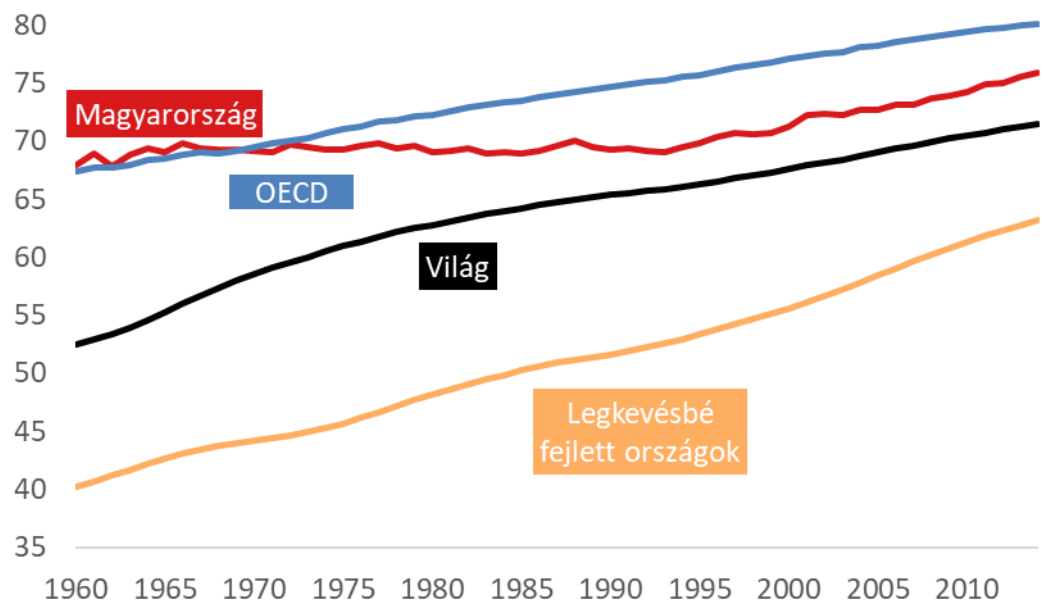
2.1.1. Demográfiai folyamatok

A világ népességének elöregedése az egyre inkább javuló halálozási mutatók és a folyamatosan csökkenő születésszámok következménye. Az egyes országok szempontjából azonban a migráció is jelentősen befolyásolhatja az adott népesség kor szerinti összetételének alakulását.

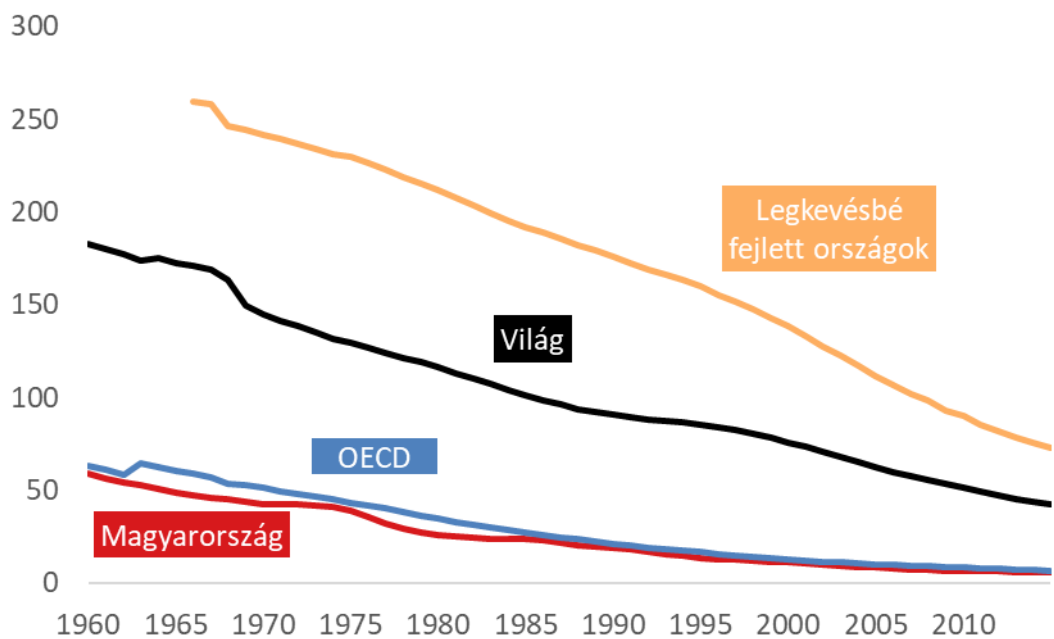
Halálozás

A csökkenő halálozási valószínűségek magától értetődő részét képezik az idősödés folyamatának. Az orvostudomány folyamatos fejlődése és az egyre jobb életkörülmények a születéskor várható élettartam megnövekedéséhez vezetnek. A 2a ábrán látható, hogyan alakultak a várható élettartamok az elmúlt 50 évben. A kevésbé fejlett régiókban a növekedés mértéke arányaiban sokkal nagyobb. Ennek oka, hogy a kevésbé fejlett régiókban sokkal több volt a csecsemő és a fiatal gyermek halálozás, aminek a folyamatos visszaszorítása nagy mértékben javította a várható élettartam mutatókat (World Health Organization, 2015). Ezzel szemben a fejlett országokban a várható élettartam magasabb szintről indult 50 évvel ezelőtt így a fejlődés határhozadéka értelemszerűen alacsonyabb, ezért ezekben a régiókban kisebb mértékben növekedtek a várható életkorok.

Demográfiai szempontból jelentős kérdés, hogy van-e felső korlátja az emberi élet hosszának, és ezzel egy határértékhez tart-e a várható élettartam – és ha igen, akkor mi ez a határérték (Gavrilov/Gavrilova, 2001). A kérdésre azonban nincs egyértelmű válasz: A szomatikus sejtek osztódási száma például elméletileg korlátos. A telomer régió a DNS két végén található ismétlődő szakasz, mely nem tartalmaz géneket kódoló részeket. A DNS láncok másolási mechanizmusuk következtében valamelyest rövidülnek minden egyes osztódás során. Egészen addig, amíg az értékes – géneket kódoló – szakaszok helyett a telomer részek vesznek el, tökéletes lehet az osztódás, de ha elfogynak ezek a szakaszok, akkor jelentősen sérül a DNS információ tartalma minden további osztódás során. Az emberi sejtek emiatt körülbelül 40-60 (Hayflick korlát) alkalommal képesek osztódni sérülés nélkül, ezzel egyértelmű korlátot szabva a biológiai életnek (Hayflick, 1965). Az egészségügy alakulását azonban lehetetlen megjósolni. Sok olyan eszköz, ami néhány évtizede még tudományos fantasztikumnak számított, mára széles körben elterjedt (pl.: Gauss kés, robot asszisztált műtét).



(a) Születéskor várható élettartam (év)



(b) Gyermek halálozások száma 1000 főre

2. ábra. A várható élettartamok alakulása (United Nations, 2015b)

A – nem túl távoli – jövőben lehetséges, hogy a ma áthidalhatatlan korlátok nem jelentenek majd akadályt, és például a telomerek mesterséges meghosszabbításával megakadályozható lesz a sejtek előregedése.

A várható élettartamok növekedése jelenleg közel lineáris és a növekedés nem mutatja jelét lassulásnak. A valaha élt – és dokumentált – legidősebb ember megérte a 122 éves kort (Whitney, 1997), pedig jelenleg a világon számított átlagos várható életkor mindössze 70 év. Ha létezik is felső korlát, valószínűleg akkor sem éri el ezt a határt a népesség néhány generáción belül, ezért mindenképp számolni kell a várható élettartam folyamatos növekedésével az idősödéssel kapcsolatos trendek megállapítása során.

A fejlett országok esetén a várható élettartam növekedése elsősorban az idősek halálozási valószínűségének csökkenésével magyarázható, a kevésbé fejlett országok esetén azonban az arányaiban nagyobb növekedés oka a csecsemő és gyermek halálozások visszaszorítása. 1960-ban az afrikai régióban a gyermekeknek több, mint a negyede nem élte meg az 5 éves kort (2b ábra), 2015-re ez az arány 8%-ra csökkent, szemben az OECD országokkal, ahol már 1960-ban is csak 6% volt az 5 éves kor alatti halálozások aránya és ez 2015-re 0,6% alá esett.

Születés

A születések száma világszerte folyamatosan csökken - bár régióként eltérő mértékben. A gyermekvállalási hajlandóságot erősen befolyásolják a környezet hatásai: az életkörülmények vagy az állami támogatás mértéke, de a kevésbé nyilvánvaló társadalmi és kulturális körülmények is jelentős hatással bírnak:

- A fejlettebb régiókban jobbak az életkörülmények és jelentősen kisebb a gyermek halálozások száma, mint a kevésbé fejlett országokban (2b ábra). Pusztán evolúciós szempontból a gyermekvállalás célja a génállomány örökítése, így a több utód egyszerűen az örökítés esélyeit növeli. Amennyiben javulnak az életkörülmények, kisebb a valószínűsége az utód elvesztésének. Természetesen ez nem jelenik meg tudatos döntésként az egyes személyek életében, de ettől még jelentősen befolyásolhatja a szülők döntéshozatalát. Ahogy egyre magasabb a jólét és javulnak az életkörülmények, az utódok biológiai szempontból vett túlélése már nem lesz tudatos veszély a szülők számára. A modern tár-

sadalmakban az átlagember számára elenyészően kicsi (5 év alattiak esetén 0,7 %) az utód elvesztésének valószínűsége. Egy modern szülő legkomolyabb aggodalma a gyermekei szempontjából azok szociális túlélése. Az életben maradás szinte biztosított, de ez még nem garantálja, hogy a gyermek sikeres lesz, jól tanul, jó állása lesz, illetve megfelelő partnert talál, vagyis sikerül elismert tagjává válnia a társadalomnak. A szülők számára a cél a gyermek jövőjének biztosítása, ami messze túlmutat a biológiai túlélésén. A jövő biztosításához viszont erőforrásokra, pénzre, időre és energiára van szükség, ezek viszont a gyermekek számának növekedésével egyre kevésbé állnak rendelkezésre, tehát az utódok sikere és a génállomány örökítése akkor valószínűbb, ha csak kevesebb gyermeket vállal a szülő. A tudás alapú társadalmakban tehát megjelenik egy olyan hatás, mely a kevesebb gyermek irányába tolja el a szülőket, ezért a fejlődés elkerülhetetlen következménye a népszaporulat csökkenése.

- Az ember biológiai szempontból már 13-14 éves korban teljesen érett a gyermekvállaláshoz. Az USA-ban 1966 óta futó felmérések alapján a lányok első menstruációs ciklusának (menarche) átlagos időpontja évről évre alacsonyabb – bár az utóbbi években 12-12,5 év körül stabilizálódott. A korhatár eltolódásának okára nincs egyértelmű magyarázat, de szignifikáns eltérés van a menarche időpontjában az egyes etnikai csoportok között, és a statisztikák alapján – egyéb környezeti hatások mellett (pl.: stressz, dohányzás, szexuális jellegű bántalmazás) – a BMI (testtömeg index) értékkel is korrelál. Az átlagos BMI 0,5 kg/m²-es növekedése a menarche időpontjának körülbelül 1 éves csökkenésével jár együtt. (Forman et al., 2013) Ezzel szemben a fiatalok társadalmi szempontból csak jóval később érnek meg a családalapításra. 50-100 évvel ez előtt teljesen természetes volt 17 éves kor körül gyermeket vállalni, 1995 és 2016 között viszont az első gyermeket vállaló nők átlagéletkora 22,9 évről 27,9 évre növekedett (Központi Statisztikai Hivatal, 2016b). Napjainkban egyre több fiatal tanul tovább az érettségi után valamilyen felsőoktatási intézményben vagy szakképzésben. A továbbtanulók közül azok, akik elvégzik a képzést, feltehetően legkésőbb a 30-as éveikre elérik a tanulmányaik végét, ezért a 30-34 éves korcsoport legmagasabb iskolai végzettségeinek megoszlása jó alapja lehet a továbbtanulási trendek becslésének. 1960-ban a 30-34 éves korszta-

nak mindössze 3,7%-a rendelkezett egyetemi vagy főiskolai szintű oklevéllel, 2001-re ez az arány 15,3%-ra nőtt, 2011-re pedig közel a korábbi duplájára, 28%-ra emelkedett (Központi Statisztikai Hivatal, 2011). A tanulmányok ideje alatt – az egzisztencia megalapozása előtt – érthető módon, statisztikailag jóval kisebb a gyermekvállalási hajlandóság. A biológiai és a társadalmi érettség között ily módon egyre növekszik a távolság. A sokéves tanulás után a potenciális szülők gyakran inkább a karrierre koncentrálnak vagy megpróbálnak még „élni egy kicsit”, ezzel is tovább odázva a gyermekvállalást. Az orvosok általában legkésőbb 35 éves korban ajánlják a nők számára az első szülést, mivel ellenkező esetben könnyen komplikációk léphetnek fel – bár az orvostudomány fejlődésével ez a határ is folyamatosan tolódik ki (Billari et al., 2010). A továbbtanulás, a karrier építés és a biológiai korlátok mellett egy modern nő számára erősen leszűkül az az időablak, amikor lehetősége van gyermeket vállalni, főleg abban az esetben, ha több gyermeket tervez.

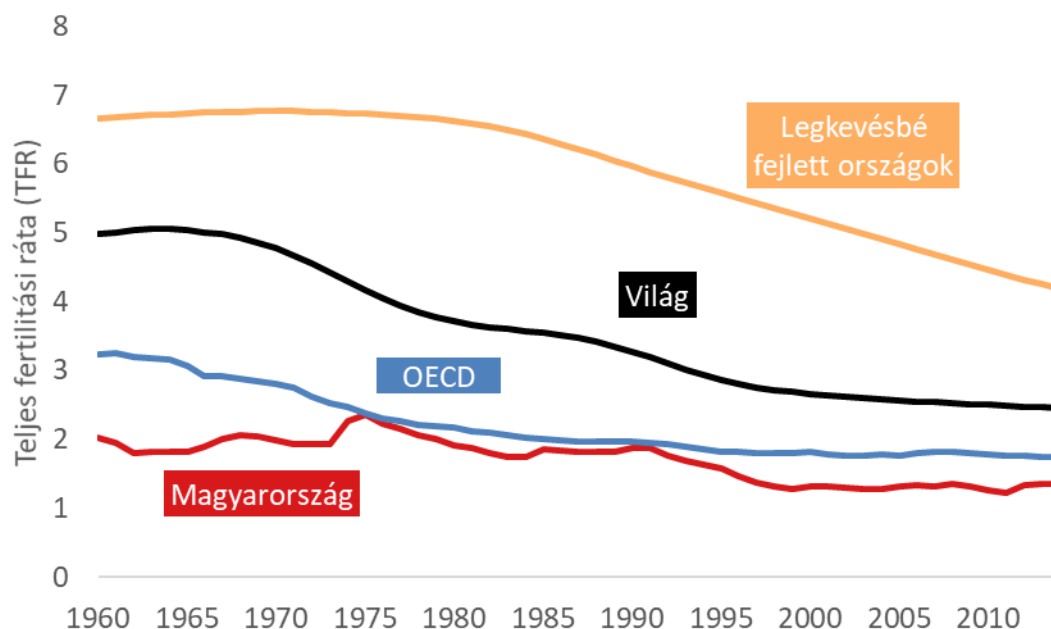
- A fejlett országokban az emancipáció következtében folyamatosan összemosódnak a hagyományos szerepek a családban. Nagyon sok nő folytatja a karrierjét a gyermekvállalás után, és csak kevesen döntenek úgy – ha egyáltalán van rá lehetőségük a család anyagi helyzete miatt – hogy főállású háziasszonyok lesznek. A társadalom számára most már az a norma, hogy a nő is dolgozik, így egy esetleges válás esetén a nőnek „nem jelenthet gondot” a megszokott életszínvonal fenntartása. A teljes állású háziasszony és anya szerepet magára vállaló nők esetében ez viszont nem igaz. Az elváltak társadalmi megítélése egyre kevésbé negatív: 1950 és 2016 között közel a duplájára nőtt az ezer főre jutó válások száma (1,2 - 2,0), míg az ezer főre jutó házasságkötések száma ugyanezen időszakban a felére csökkent (11,4 - 5,3) (Központi Statisztikai Hivatal, 2016a). Törökországban a férjnek joga van elválni, de törvényi kötelessége anyagi módon támogatni a volt feleségét olyan mértékben, hogy az fenntarthassa a megszokott életszínvonalát, egészen addig, amíg nem házasodik újra. A létbizonytalanság viszont erősen befolyásolhatja a nők döntéseit a gyermekvállalással kapcsolatban és jelentős negatív hatással van a születések számára.

- A modern társadalmakban egyre inkább jellemző a családok szeparálódása. Néhány évtizeddel ezelőtt még gyakori volt, hogy a nagyszülők együtt éltek a fiatalokkal és a nagy családdal. Napjainkra a felnőtt kor fontos része, hogy a gyerek elhagyja a családi fészket és saját lakásba költözik. Ha az anyának nincs állandó segítsége a nagyszülők szerepében, akkor jelentősen nehezebb lehet számára a gyerekről való gondoskodás. A hivatásos dadust nem sokan engedhetik meg maguknak, és nem is igazán jellemző Kelet-Európában. Önmagukban ezek a nehézségek feltehetően nem befolyásolják jelentősen az első gyermeket, de a következő kapcsán hatással lehetnek a döntésekre. Egyedül nagyon nehéz egy újszülött mellett figyelmet fordítani egy másik 2-3 éves gyermekre – és közben a háztartást is vezetni. A családok szeparálódása tehát szignifikánsan megnöveli az egyes gyermekvállalások közti időt, ezzel pedig feltehetően csökken a párok által vállalt gyermekek száma is.

Az itt felsorolt hatások természetesen nem különíthetők el egymástól. Különböző mértékben befolyásolják az egyes egyének döntéseit, és együtt felelősek a születésszámok folyamatos csökkenésért.

A fent említett hatások az egyre javuló életkörülmények mellett kerülnek csak előtérbe, így a kevésbé fejlett régiókban továbbra is jelentősen magasabb a gyermekvállalási hajlandóság. A teljes termékenységi arányszám (TFR = Total Fertility Rate) a szülőképes korú nőkre számított elméleti gyerekszám, mely megmutatja, hogy egy nő átlagosan hány gyermeket szülne élete során. A fejlettebb régiókban jóval alacsonyabb ez az arányszám, mint az elmaradottakban (3. ábra). Az ábrán azonban jól látszik, hogy a magasabb fertilitási rátával rendelkező területeken sokkal nagyobb ütemben csökken a mutató értéke, és a világátlag lassan megközelíti a legfejlettebb régiókat. Míg jelenleg környezetvédelmi szempontból a világ túlnépessége jelentős problémának számít, addig a fejlett országok döntő többsége a folyamatos népességfogyással küzd. Figyelembe véve a fiatalkori halálozásokat, betegségeket és egyéb okokat, a népesség fenntartásához körülbelül 2,1-es TFR érték szükséges, az OECD országok nagy része viszont nem éri el ezt küszöböt. Ennek következtében a fiatalabb korcsoportok lélekszáma egyre inkább elmarad az évek múlásával az idősebb korcsoportokétól. A fejlett régiókban a TFR értéke az utóbbi évtizedben állandónak tekinthető, míg a magasabb mutatóval rendelkező országok

esetén folyamatosan csökken. Emiatt, ahol 60 éve magasabb volt a fertilitás ott mára nagyban megnőtt az idősök aránya, hiszen a jelenlegi fiatalok száma messze elmarad a 60 éve születettek számától (United Nations, 2015a).



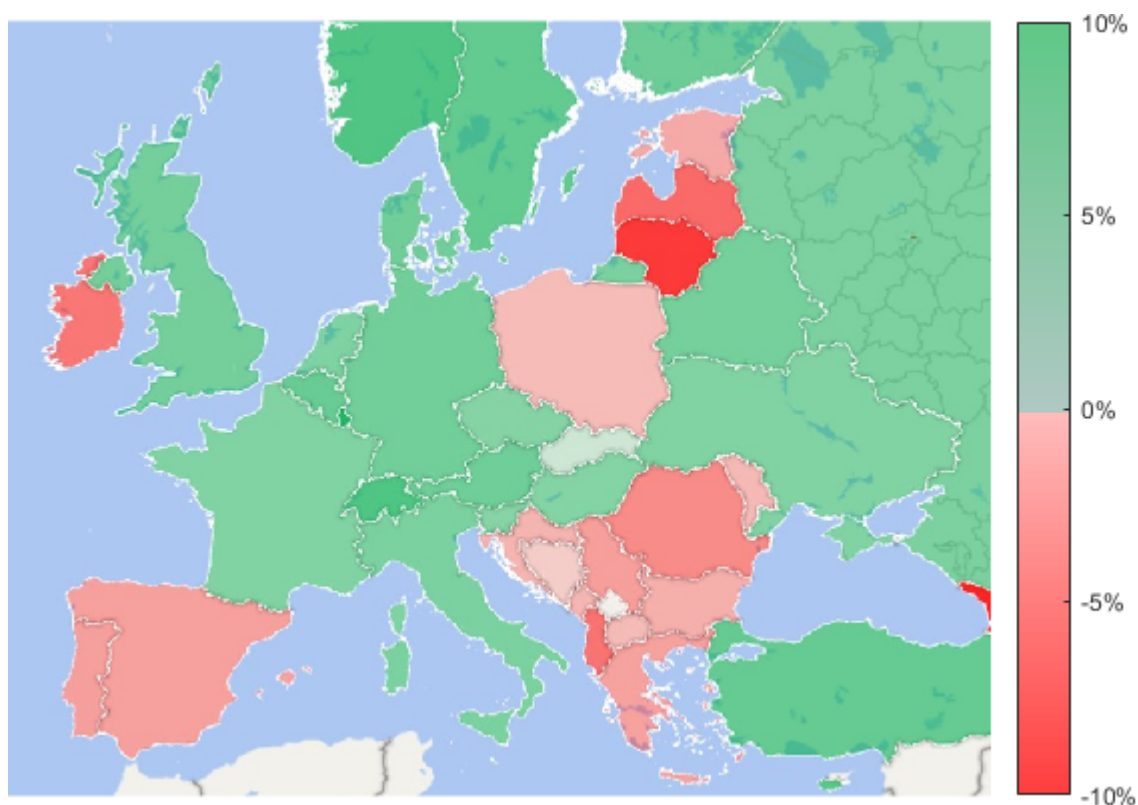
3. ábra. Teljes termékenységi arányszámok (United Nations, 2015b)

A születések száma tehát függ az általános életkörülményektől, de sok egyéb környezeti hatás is erősen befolyásolja. Kiváló példa erre, hogy a legtöbb gyermek augusztus környékén születik. A jelenségnek feltehetően evolúciós okai vannak, hiszen az augusztus a legbősegebb hónap, így az ilyenkor születettek túlélési esélyei jobbak voltak a történelem folyamán. Mindazonáltal augusztus kilenc hónappal a leghidegebb téli hónapok után következik, amikor is jelentősen megnő a szexuális együttlétek száma, így ennek is komoly hatása lehet (Pasamanick/Dinitz/Knobloch, 1960). A modern korban persze az ilyen környezeti körülmények kevésbé szignifikánsak, hiszen a fejlett országokban ritkán jelent gondot a téli fűtés és a nyári légkondicionálás is megoldható. Utóbbit azonban csak a tehetősebb háztartások engedhetik meg maguknak és tény, hogy az augusztusi kiemelkedő születésszám kevésbé szignifikáns a jobb gazdasági helyzetű rétegek esetén. A gazdasági helyzet befolyásolhatja a születések számát, tehát állami beavatkozással, támogatással (lásd

2.1.2. fejezet) közvetlen vagy közvetett módon elősegíthető a természetes szaporulat növekedése. Összességében tehát van lehetőség a TFR értékek növekedésének mesterséges elősegítésére.

Népmozgás

Globális szinten a népmozgás nem befolyásolja a társadalom öregedését, de az egyes régiók vagy országok közti migráció jelentősen befolyásolhatja az adott terület népességének kor szerinti összetételét. A migrációban jellemzően elsősorban – de nem kizárólag – a munkaképes korú népesség érintett, tehát, ha egy területet aktívan elhagynak a lakosok, akkor ott várhatóan egyre inkább előregedik a lakosság. A népmozgások a legtöbb esetben a kevésbé fejlett régióktól a fejlettebb régiókba irányulnak. A 4. ábrán az Európai országok 2012-es nettó migrációja (bevándorlók száma - kivándorlók száma) látható a népesség arányában. A piros szín negatív, a zöld pozitív értékeket jelöl és a halványabb szín alacsonyabb abszolút értéket takar. A mutatók pontos értékei az A függelékben találhatóak. Jól látható, hogy Európa periferiáin a kivándorlás mértéke meghaladja a bevándorlást. A legfejlettebb régiókban (EU alapító országok, Északi országok, Egyesült Királyság) a bevándorlók hasonló száma rendkívül alacsony kivándorlási mutatókkal párosul és ez részben ellensúlyozza az időskorúak arányát. Közép- és Kelet Európa esetén viszont a nyugaton várható jobb életkörülmények jelentős számú fiatalat vonzanak, és a munkaerő elvándorlása felerősíti a korcsoportok közti arányok eltolódását. A jelenség nem csak az országok szintjén figyelhető meg: A legtöbb mediterrán ország esetén a szigetek lakossága még az európai átlagnál is nagyobb ütemben öregszik, hiszen az elszigetelt körülmények nem igazán vonzóak a XXI. század globális jellegében felnövő ifjúság számára.

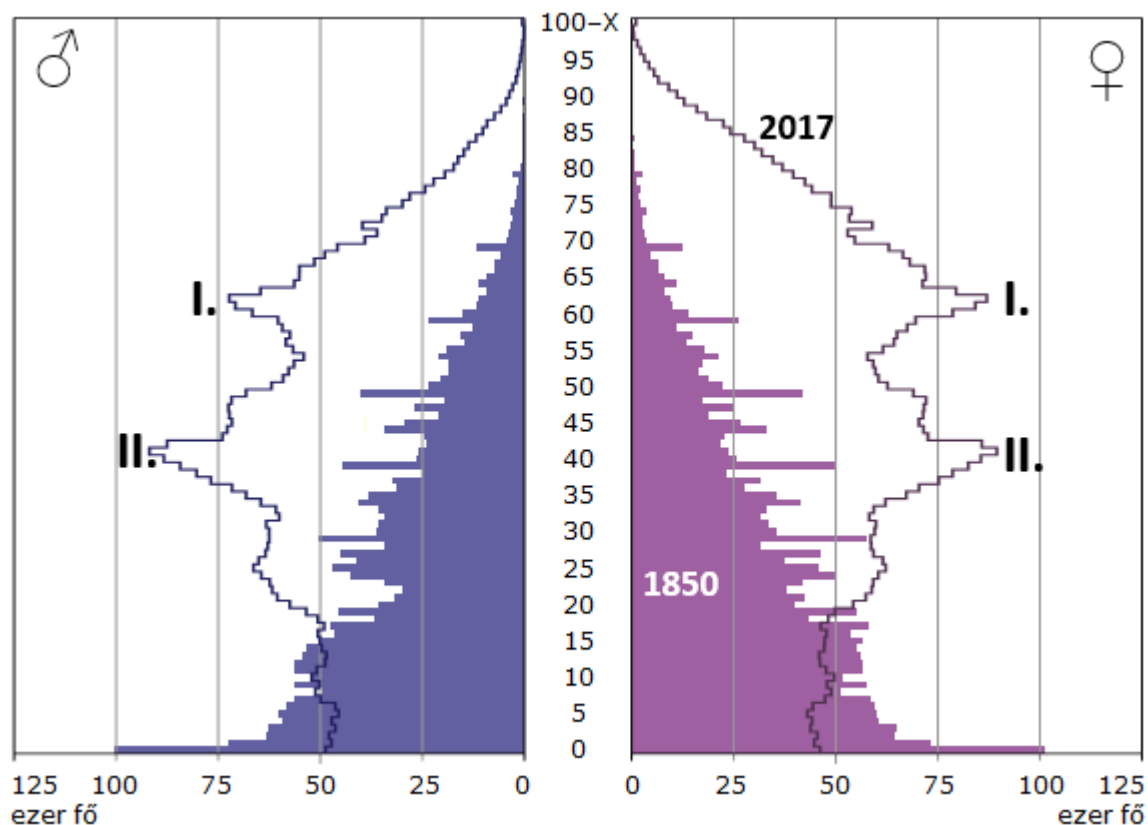


4. ábra. Nettó migráció a népességek százalékos arányában 2012-ben (United Nations, 2015b)

2.1.2. Hazai trendek

Magyarország OECD tagállam, így nem meglepő, hogy alapvetően hasonló trendek jellemzőek rá, mint más fejlett országokra. Az idősödő társadalmakban az egyes korcsoportok létszáma közel egyenlő, sőt csökkenést mutat a fiatalabb korosztályok felé haladva. Ezzel szemben a magyar korfa egy jóval komplexebb formát vesz fel (5. ábra körvonal) több különböző esemény egymásra hatásának következtében. Az ábrán színessel látható, hogy milyen volt a magyar – vagy jellemzően más európai – korfa 150 évvel ezelőtt.

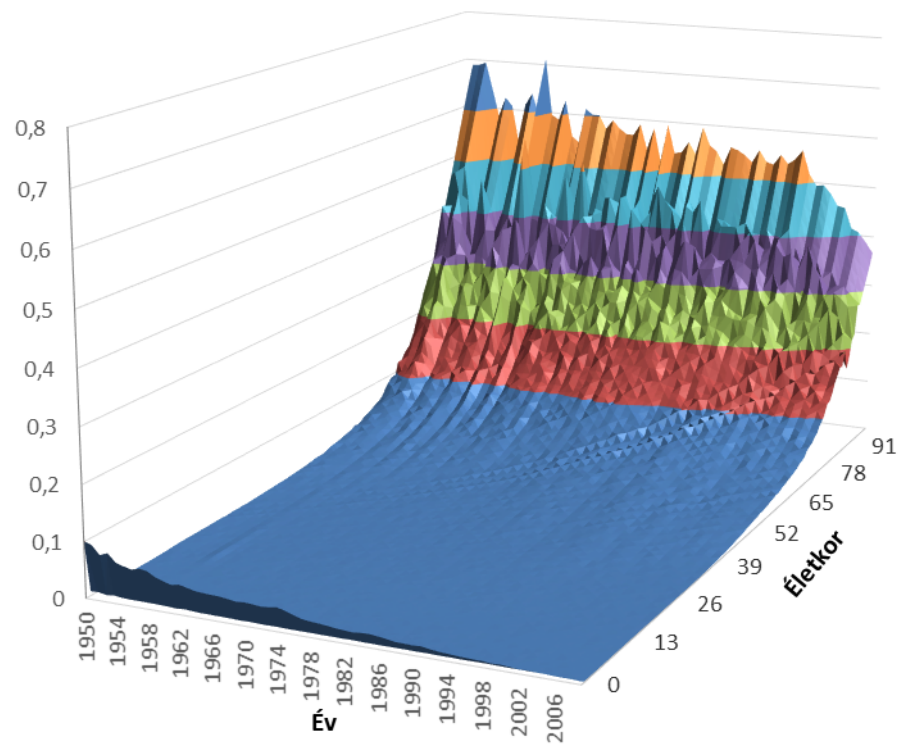
A magyar halálozások nem térnek el szignifikánsan az európai trendektől (6. ábra), az elmúlt években folyamatosan javultak a halálozási valószínűségek minden korosztály esetében. A idős korúak mortalitási rátái egyre alacsonyabbak és 1950-hez képest nagyságrendekkel csökkent a csecsemő, illetve 5 év alatti gyerme-



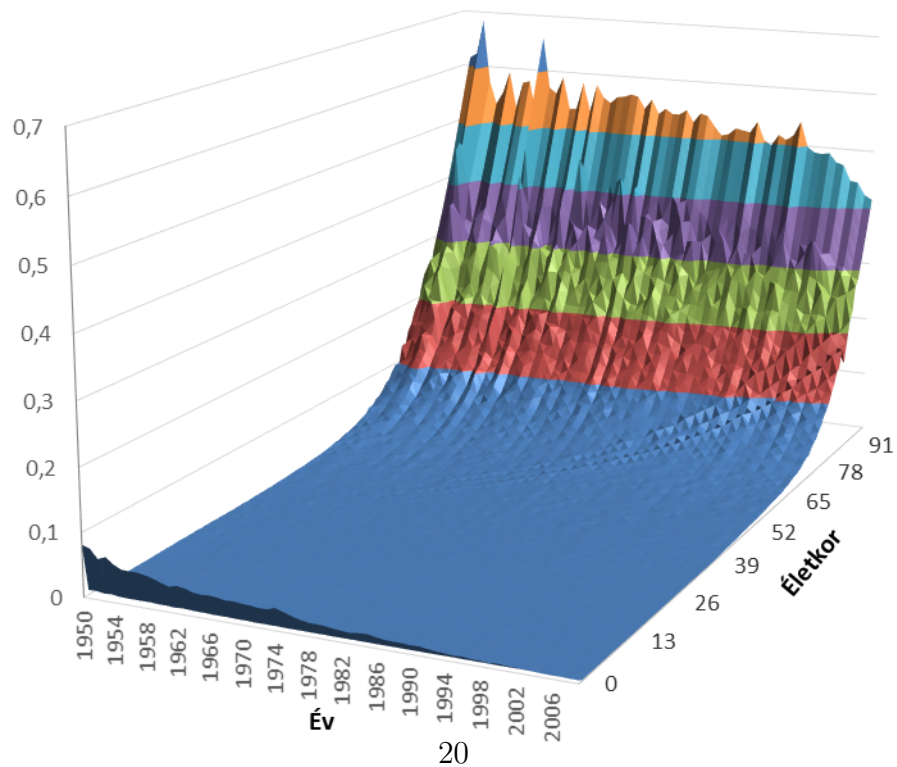
5. ábra. Magyar korfa (KSH interaktív korfa)

kek halálozásának valószínűsége. Összehasonlításképpen: a legkevésbé fejlett országok 5 év alatti halálozási mutatói 2015-ben még mindig valamivel rosszabbak, mint Magyarországon 1950-ben. Az ábrákon jól látható két felfelé ívelő vonal az idősök halálozási valószínűségeiben a '80 évek után. Ezek feltehetően a világháborúk rossz életkörülményeiben nevelkedett gyermekek egész életére kiható egészségi állapotának következményei. Az 1956-os forradalom halálozásainak száma is megjelenik – elsősorban a fiatal férfiak esetében – de fontos látni, hogy ennek az eseménynek nincsenek időben továbbgyűrűző hatásai. Összességében viszont a magyar halálozási statisztikák elenyésző mértékben térnek el az európai átlagtól, így a korfa különleges alakja feltehetően nem ezeknek a különbségeknek a következménye.

A magyar korfa egyedi vonásai elsősorban az úgynevezett „Ratkó korszak” következményei. Ez az időszak, amikor a korszak névadója, Ratkó Anna volt Magyarország egészségügyi minisztere, illetve amikor a róla elnevezett „Ratkó törvény”



(a) Férfi mortalitási ráták



(b) Női mortalitási ráták

6. ábra. Magyar halálozási valószínűségek alakulása (Mohácsi, 2014)

hatályban volt (hivatalosan 1953. március 1. és 1956. június 22. között). A Magyar Kommunista Párt új törvénye olyan reformokat foglalt magába, melyek a fertilitási ráta növekedését voltak hivatottak elősegíteni. A rendelet hat paragrafusa között szerepelt a szülési szabadság meghosszabbítása, egy különleges, a gyermektelenekre kivetett adó és a legjelentősebb: a teljes abortusz tilalom. A határozat egyben rendkívül szigorú szankciók alkalmazására hatalmazta fel az Igazságügyi Minisztériumot az abortuszok tekintetében, így a törvény ideje alatt valóban érvényesült a tilalom (Sawyer, 2010). Ezek a rendelkezések párosulva a fogamzásgátlási lehetőségek hiányával (a megbízható fogamzásgátló tabletták csak a '70-es években jelentek meg) jelentősen megemelték az újszülöttek számát. Mindazonáltal a növekedés nem volt tartós, hiszen a törvény visszavonása után rendkívül gyorsan visszaesett a születések száma az eredeti állapot környékére. Ez az oka annak, hogy a korfán megjelent egy tüske (5. ábra I.), mely az ebben a korban születetteket reprezentálja, akiket szokás „Ratkó-gyerekek”-nek is nevezni. A második tüske (5. ábra II.) elsősorban a Ratkó korszak visszhangja: az ebben az időszakban születettek a „Ratkó-unokák”. Megfigyelhető, hogy – meglepő módon – a két tüske közel azonos méretű. Figyelembe véve, hogy a Ratkó törvény visszavonása utána szinte azonnal lezuhant a fertilitási ráta, a második tüskének arányaiban kisebbnek kellene lennie. Ennek az anomáliának az oka, hogy 1973-ban újabb reformokkal próbálták növelni az újszülöttek számát – ez alkalommal kizárólag a pozitív ösztönzésre koncentrálva. A program célja a reprodukcióhoz szükséges (2,1-nél magasabb TFR) termékenységi szint elérése és a 2-3 gyermekes családmódel általánossá tétele volt. Ennek érdekében emelkedett a GYES (gyermekgondozási segély), az anyasági segély és a családi pótlék összege, valamint támogatták a lakásépítéseket és a többgyermekesek soron kívüli lakáshoz jutását (György, 1991). Ezzel egy rövid időre sikerült megállítani a fertilitási ráta folyamatos csökkenését, de ezek az intézkedések pont akkor érkeztek, amikor a született gyermekek száma természetes módon is viszonylag magas lett volna, hiszen a Ratkó-gyerekek ebben az időszakban érték el a gyermekvállalási kort. Az intézkedések tehát egy újabb tüskét eredményeztek a korfában, viszont 2015-re a Ratkó-unokákat nem érték hasonló behatások. Ráadásul ebben az időszakban jobban elhúzódott a nők gyermekvállalási időszaka, így az alacsony gyermekvállalási hajlandóság mellett jobban eloszlott az újszülöttek száma, ezért nem keletkezett harmadik tüske. Emiatt a magyar korfa csak körülbelül 30 év múlva veszi majd fel

az előregedett társadalmakra jellemző fordított trapéz alakot, így a jelenlegi állapot ideiglenesen elfed olyan kihívásokat, melyekkel más fejlett országoknak már szembe kell néznie (lásd 2.1.3. fejezet).

Ezen felül Magyarországon komoly probléma, hogy a fiatal, munkaképes népesség szignifikáns része elhagyja az országot a Nyugat-Európában sokkal kedvezőbb jövedelmi lehetőségek miatt. Ez a folyamat a rendszerváltás után indult el igazán, de a kezdeti években erősen ellensúlyozta a román kormány erőszakos asszimilációs politikája következtében megindult menekült hullám. A becslések alapján közel 120 ezer 31 év átlag életkorú erdélyi magyar vándorolt Magyarországra 1988 és 1993 között, ezzel majd egy évtizedig elfedve a kivándorlás negatív következményeit (Boldizsár, 1993). A kétezres évek után a bevándorlás már nem pótolja a kivándorló munkaerőt.

Az utóbbi évek menekült hullámairól még nincsenek elérhető, pontos adatok, de a menekültek számára Magyarország egyenlőre elsősorban tranzit zóna, és elenyésző részük marad az országban. Ezért, és mivel a Visegrádi Négyek határozottan elutasítják az Európai Unió kvóta rendszerét, várhatóan a migránsok letelepedésében a közeljövőben nem lesz jelentős változás.

Az országon belüli népmozgások viszonylag kevésbé érintik Magyarországot, bár az egyetemi városok – főleg a főváros – vonzzák a fiatalokat, közel állandó az ország korcsoportonkénti megoszlása az egyes területeken. Más a helyzet azonban a különböző etnikumok esetén: a Roma népesség gyermekvállalásai hajlandósága sokkal magasabb a magyar átlagnál. Magyarországon a 2011. évi CLXXIX. törvény hatálya lépése óta hivatalosan megszűnt a nemzeti és etnikai kisebbség fogalma és helyébe a nemzetiség fogalma lépett. Ennek jelentősége, hogy a nemzetiségbe tartozást nem az egyén származása, hanem saját bevallása határozza meg. Tehát a pontos etnikai hovatartozást viszonylag nehéz megállapítani Magyarországon, de Koszovó példájával párhuzam vonható a magyar-roma helyzettel. Koszovóban – a függetlenedése előtt – a TFR értéke az 1961-es 6,1-es értékről 1991-re 3,5-re csökkent, de még így is a kétszerese maradt a Közép Szerbiában jellemző 1,63-as értéknek (Brunborg, 2002). Tehát a népesség alakulási trendjeinek megállapítása során figyelembe kell venni az egyes népcsoportok közti kulturális különbségeket, hiszen ezek befolyásolhatják a halálózási és születési statisztikákat. A népcsoportok aránya azonban hosszú távon sem tolódik el a népszaporulatoknak megfelelő mértékben. A különbségek oka

ugyanis nem pusztán kulturális, inkább iskolázottsághoz, életvitelhez és gazdasági helyzethez köthetőek. Az egyes etnikumok gazdasági helyzete és iskolázottsága jellemzően elmarad a többségi népcsoporttól, de ha egy kisebbséghez tartozó személy jobb életszínvonalat tud biztosítani magának és a családjának (pl.: továbbtanulás miatt), akkor a gyermekvállalási hajlandósága sokkal inkább a többségi társadalomnál megszokotthoz kezd hasonlítani. (Központi Statisztikai Hivatal, 2012) Az előbb említett kulturális különbségek jelentős része tehát feltehetően magyarázható az életkörülmények közti különbségekkel.

2.1.3. A társadalom öregedésének következményei

Az elkövetkező néhány évtizedben a legtöbb európai országnak szembe kell majd néznie a populáció előregedésével kapcsolatos problémákkal. A népesség korcsoportonkénti összetételének megváltozása hosszú távon jelentős hatással lehet a gazdaságra. A csoportok jelentősen eltérnek produktivitásuk, megtakarítási szokásaik és persze munkavállalási szokásaik tekintetében. A cégek befektetési lehetőségeit is erősen befolyásolja a célcsoport arányainak megváltozása. (Aksoy et al., 2019) A népesség előregedése miatt csökken a munkaerő-piaci részvétel és alacsonyabbak lesznek a megtakarítási ráták, tehát a folyamat az egész gazdaságra negatív hatással van. A legtöbb ország esetén ennek eredménye a gazdasági növekedés ütemének enyhe lassulása (Bloom/Canning/Fink, 2010), azonban hosszú távon más tényezőket is figyelembe kell venni. Az elkövetkező években várhatóan növekedni fognak a nyugdíjkorhatárok ellensúlyozva ezzel a népesség kor szerinti eloszlásában végbememő változásokat. Ez jelentősen befolyásolja majd az emberek pályaválasztását, és a munkaadóknak fel kell készülniük a változások kezelésére. Megemelkedik az idősebb dolgozók aránya, főleg a nők esetében, hiszen a várható életkoruk magasabb és a csökkenő szülési hajlandóság is azt mutatja, hogy több nő tervez komolyabb karriert, mint korábban (Kulik et al., 2014). Aksoy és szerzőtársai foglalkoznak azzal is, hogy a népesség struktúrájának megváltozása milyen módon hat az innovációra. A benyújtott szabadalmak száma alapján a fiatalok és a középkorúak járulnak hozzá leginkább a fejlődéshez. Az általuk elvégzett előrejelzések szerint a populációs változások szignifikáns hatással vannak a főbb makrogazdasági mutatókra. (Aksoy et al., 2019)

Az idősödő társadalmakban egyre nagyobb problémát jelent a nyugdíjrendszer fenntarthatósága (lásd 2.2. fejezet), illetve a megnövekedő egészségügyi kiadások mértéke. A megnövekedett várható életkor viszont egyben lehetőséget is jelenthet. A hosszabb élettartam mellett az emberek aktív munkavégzése is hosszabbá válhat, ezért is növekszenek a legtöbb országban a nyugdíjkorhatárok. Feltételezhető, hogy a hosszabb élet automatikusan együtt jár egy hosszabb egészségben töltött időszakkal, erre azonban nincs egyértelmű bizonyíték (World Health Organization, 2015). Ennek következtében a nyugdíjkorhatár emelése nem feltétlenül jár együtt arányosan hosszabb aktív időszakkal, hiszen felszínre kerülhet az idősebb korosztály tagjainak korábban nyugdíj által „elfedett” munkaképtelensége. Az általános egészségi állapot javítása nélkül tehát a megnövekedett várható élettartam ellenére sem feltétlenül jelent jelentős növekedést a termelékenység szempontjából a korhatár növelése.

A tudás alapú társadalomban a fiataloknak egyre több ismeret anyag elsajátítására van szüksége, és egyre többen tanulnak tovább az érettségi után valamilyen formában, így megnövekedik a munkavállalás előtti időszak hossza. Mindezt figyelembe véve, ha biztosított lenne a várható élettartam növekedés mellett a hosszabb egészségben töltött időszak is, akkor a nyugdíjkorhatárok növekedésével az aktív időszakok is hosszabbak lennének. Tehát a teljes emberi életpálya szakaszai arányosan nyúlnának meg az élet meghosszabbodásával. Jelenleg azonban a továbbtanulás miatt gyakorlatilag az aktív időszak egyre rövidebb. A magasabb nyugdíjkorhatár viszont csak akkor képes ellensúlyozni ezt a hatást, ha megfelelő az életszínvonal ahhoz, hogy az így munkában maradó idősebb népesség egészségi állapota és produktivitása ne térjen el jelentősen az eredeti korhatárhoz közeli munkavállalókétól. Összességében tehát a gazdasági fenntarthatóságnak előfeltétele a társadalmi fenntarthatóság biztosítása is.

2.2. Időskori gondoskodás

A népesség elöregedése, a pénzügyi- és gazdasági válság utóhatása és az aktuális alacsony kamatlábak komoly kihívások elé állítják a fejlett országok nyugdíjrendszereit, de ez csak azt jelenti, hogy az országoknak alkalmazkodniuk kell a változó körülményekhez. Az elmúlt évtizedben minden OECD ország jelentős lépéseket tett

a nyugdíjrendszerének megújítása irányába annak érdekében, hogy választ adjanak a felmerülő nehézségekre (OECD, 2016). Egy képviseleti demokráciára épülő társadalom – illetve annak újraválasztásban érdekelt kormányzata – nem engedheti meg az idős populáció elszegényedését. A megfelelő életkörülmények biztosítása érdekében elengedhetetlen egy valamilyen formában működő nyugdíjrendszer. A problémát az jelenti, hogy egyszerre kell biztosítani a rendszer adekvátságát – vagyis a nyugdíjasok elfogadható életkörülményeit – és a rendszer pénzügyi fenntarthatóságát.

2.2.1. Nyugdíjrendszerek típusai

A közép-kelet-európai országok többségében az úgynevezett felosztó-kirovó elvre épülő, tőkefedezet nélküli rendszer működik: az adott év nyugdíjkiadásait az aktívan dolgozó népesség járulékai fedezik. A tőke- vagy váromány fedezeti rendszerek esetén az egyének által befizetett járulékokat egy állami vagy magán nyugdíjalapba fektetik, és az így felgyülemlett tőke és annak hozamai fedezik később az adott személy nyugdíját. A tőkefedezeti rendszerek esetén gyakorlatilag teljesen elkülönül az egyes generációk vagyonkezelése. Léteznek a mindkét megoldást ötvöző, hibrid rendszerek is – sőt ezek kifejezetten gyakoriak – de a legtöbb esetben a felosztó-kirovó és a tőkefedezeti elvek egyike dominál, és csak ritkán kiegyensúlyozott a két megközelítés.

A felosztó-kirovó rendszerek esetén a járadékok elsősorban az egyén korábbi átlagjövedelmével arányosan kerülnek meghatározásra, a nyugdíj kifizetések a befizetések valorizált – vagyis jelen értékre átszámított – értékén alapulnak. A felosztó-kirovó rendszereknek a szolidaritás is célja, általában korlátok közé szorítják a lehetséges nyugdíjak mértékét, így a magasabb kereseti kategóriába tartozók egy adott összeg felett már nem kaphatnak további járadékokat. Az alsó korlát pedig további sebezhetőségeket rejt a rendszerben, hiszen erősíti a résztvevők potyautas magatartását: a járulékfizetés elkerülésével vagy a szolgáltatások idő előtti megszerzésével a többiek rovására szerezhetők javak. A felosztó-kirovó rendszerek ideális esetben pénzügyileg fenntarthatóak, hiszen az aktív társadalom járulékai fedezik az idős népesség ellátását. Az egyre inkább idősödő, fejlett országokban azonban az aktív népesség és a nyugdíjasok aránya olyan mértékben lecsökkent, hogy a befizetések általában nem képesek fedezni a kifizetéseket. Ebben az esetben természetesen az

állam kipótolja a hiányt más forrásokból, azonban ez a megoldás hosszú távon pénzügyileg nem fenntartható.

A tőkefedezeti megoldások egyik változata a szolgáltatással meghatározott (defined benefit, DB) nyugdíjbiztosítás, melyben előre ismertek a jövőben várható járadékok. Az egyes időszakok járulécai számos tényező (pl.: várható életkor, aktuális hozamok) figyelembe vételével úgy kerülnek meghatározásra, hogy biztosítani tudják a tervezett járadék kifizetéseket. Ez a rendszer a korábbi évek befizetéseiből fedezi a költségeit és felosztó-kirovó megközelítéssel ellentétben nem képez implicit államdósságot a társadalom felé. A vártnál alacsonyabb hozamok esetén azonban a DB nyugdíjbiztosításoknak is más forrásból kell pótolniuk a keletkezett hiányt, bár a járulékok meghatározása esetén már tervezhető az ilyen jellegű kockázat.

A befizetéssel meghatározott (defined contribution, DC) tőkefedezeti nyugdíjbiztosítás esetén a befizetendő járulékok vannak lerögzítve és ennek függvényében alakulnak a jövőbeli járadékok, általában valamilyen életjáradék formájában. A DC előnye, hogy a rendszer fenntartása pénzügyi szempontból elvileg megoldott, hiszen a befizetések fedezik a kifizetéseket. A rendszer adekvátsága azonban kevésbé biztosított, hiszen egy fix befizetett összeg és annak hozamai állnak rendelkezésre a nyugdíj kifizetések során. Ha egy nyugdíjas jelentősen túléli a korosztálya várható életkorát, akkor könnyen kimerülhetnek a felhalmozott forrásai, és ilyenkor az államnak vagy a nyugdíjbiztosítónak kell pótolnia a hiányt. Persze, ha valaki előbb hal meg, akkor az a költségvetés szempontjából kevesebb kiadást jelent, de ha az életjáradékok meghatározásánál alábecsülték a várható élettartam alakulását, akkor az jelentős terhet róhat a rendszerre. Ráadásul, ha az adott gazdasági helyzetben – mint például napjainkban – alacsonyak a kamatlábak és a befektetések hozamai az inflációhoz képest, akkor előfordulhat, hogy a meghatározott kifizetések mértéke nem éri el a létminimumot. Az idősök elszegényedésének megakadályozása érdekében a gyakorlatban ezt kezelik valamilyen módon – általában minimális életjáradék meghatározásával –, de ez újabb költségvetési deficithez vezet.

Könnyen belátható, hogy egy rendszer adekvátsága és pénzügyi fenntarthatósága csak egymás rovására javítható, ezért minden nyugdíjrendszer ezt a két célt próbálja kiegyensúlyozni. A DC tőkefedezeti rendszerek esetén azonban elsősorban a rendszer adekvátságának biztosítása jelenthet problémát, míg egy DB vagy egy felosztó-kirovó rendszer legnagyobb kihívása a pénzügyi fenntarthatóság.

2.2.2. Magyar nyugdíjrendszer

Közép- és Kelet-Európa felosztó-kirovó nyugdíjrendszerei sokat merítettek Bismarck nyugdíj programjából – mely szintén az aktív dolgozók járulékaival fedezte a nyugdíj költségeket. Ezekben az országokban, ha változatlanul ezt a megközelítést alkalmazzák, akkor az idősödés miatt átalakult népességstruktúra következtében veszélybe kerülhet a rendszer fenntarthatósága. Az elmúlt évtizedekben ezen államok mindegyike valamilyen változtatást eszközölt a nyugdíjrendszerében (Cerami, 2011), és ez alól Magyarország sem kivétel. A magyar korfa a Bismarck korában jellemző piramis szerkezete alapvető strukturális átalakulásokon ment keresztül (5. ábra), melynek következtében már nem állnak fenn azok az állapotok, amik egy felosztó-kirovó rendszert működőképesé tettek.

Magyarországon már az 1875-ös „nyugdíjbiztosítási” törvény óta léteznek különböző formái a nyugdíjazásnak, azonban a magyar nyugdíjrendszer létrejötté inkább köthető az 1928. évi XL. törvénycikkhez. Ez a törvény összevonta az összes korábbi – a munkásokra és a magánalkalmazottakra vonatkozó – nyugdíj jellegű rendelkezést, ezzel kötelezővé és átfogóvá téve nyugdíjbiztosítást. Az eredeti rendszer 65 évben határozta meg az öregségi nyugdíjkorhatárt, és még tőkefedezeti elven alapult. A járadék egy fix törzsjáradékból és egy úgynevezett fokozódó – a befizetésekkel arányos – járadékrészből tevődött össze. A járadékokat úgy kalkulálták, hogy megközelítőleg a befizető átlagkeresetének a felét tegyék ki. Ennek mértéke nem volt képes fedezni az alapvető szükségleteket, de a sokkal kedvezőbb gazdasági helyzetben levő országok sem tudtak abban a korban ennél szignifikánsan magasabb összeget biztosítani. 1945-ig a törvény kiegészítései során a jogosultak körét bővítették. Kiterjesztették a törvényt a köztisztviselőkre, háztartási alkalmazottakra és a mezőgazdasági munkavállalókra is. A háború alatt a nyugdíjjárulékokból származó tartalékvagyon ötöde ingatlanokban volt, melyek jelentős része megsemmisült, míg a készpénzben levő rész az infláció miatt elértéktelenedett. Tovább súlyosbította a helyzetet, hogy az állam a háború ideje alatt többféle módon igénybe vette a járuléktartalékot, de annak visszatérítése később elmaradt, ráadásul 1944-ben lecsökkentették a nyugdíjkorhatárt a férfiak esetében 60, míg a nők esetében 55 évre, tovább növelve ezzel a háború utáni járulék terheket. Ennek következtében 1947. január 1-ével Magyarország egy felosztó-kirovó elvű nyugdíjrendszerre „kényszerült” áttérni. A váromány-

fedezeti rendszerek elsősorban állandó kamatlábak mellett tarthatóak fent, azonban a háború után ilyesfajta stabilitásra nem volt esély. A háborúban indokolt korhataárcsökkentés visszavonását hosszú időn keresztül politikai okokból nem vállalták, így maradt a 60/55 éves korhatár. A további törvények elsősorban az egységesítést tűzték ki célul, illetve folyamatosan próbálták az adott körülményekhez megfelelően igazítani a jogosultsági-, illetve járulék és járadék számítási szabályokat, az 1975-ös nyugdíjtörvény pedig megszilárdította ezeket a változtatásokat. (Csemniczki, 2000)

Az 1990-es évek elejére a közepes és annál nagyobb nyugdíjak folyamatosan lemaradtak a keresetekhez és az árakhoz képest. Folyamatos paraméter korrekcióval próbálták ellensúlyozni a változásokat, hogy biztosítsák a rendszer pénzügyi fenn tarthatóságát. A rendszerváltást követően jelentősen csökkent a foglalkoztatottság, sokan választották a korai nyugdíjazást vagy a leszázalékolást. Ebben az időszakban duzzadt körülbelül 300 ezresre a magyar rokkantnyugdíjasok száma. Ennek következtében a *rendszerfüggőségi hányados* – a nyugdíjasok és az aktív dolgozók aránya – az 1989. évi 51,4 százalékról 1996-ra 83,9 százalékra emelkedett, a nyugdíjkiadások pedig elérték a GDP 10 százalékát. A '90-es évek intézkedései megkísérelték helyreállítani a rendszer pénzügyi egyensúlyát, de ezáltal a rendelkezések halmaza szinte átláthatatlanná vált, ráadásul tovább növelték a biztosítottak közti igazságtalan egyenlőtlenségeket. Előfordulhatott, hogy két személy, teljesen azonos biztosítás történettel, de különböző időpontban történő nyugdíjba vonulással lényegesen eltérő nyugdíjat kapott. A rendszer erősen támogatta a legkisebb nyugdíjakat a magasabb kereseti kategóriájú és hosszabb szolgálati idejű nyugdíjasok járadékainak rovására. Emiatt egyre inkább megérte a fekete és a szürke gazdaságban elkerülni a járulékfizetéseket. (Simonovits et al., 2002)

1993-tól lehetőség nyílt az adókedvezményekkel támogatott önkéntes nyugdíjpénztárak létesítésére. Az adókedvezményekkel azonban elsősorban a lakosság tehetősebb rétegei tudtak élni, ezért a módosítás csak egy szűk réteget érintett.

Hosszas tervezés után az 1997. évi LXXX.-LXXXIII. társadalombiztosítási és nyugdíj törvények – melyek 1998. január 1-től léptek érvénybe – kettéosztották az addig egységes nyugdíjrendszert. A reform létrehozta az úgynevezett 3 pilléres nyugdíjbiztosítási rendszert, hogy támogassa – sőt, lényegében kötelezővé tegye – az öngondoskodás valamilyen formáját, annak reményében, hogy ezzel csökkenthető a nyugdíjrendszer pénzügyi terhe. A felosztó-kirovó alapú állami rendszer (I. pillér)

mellett létrejött egy új tőkefedezeti magánnyugdíjrendszer (II. pillér). A '90-es években létrejött önkéntes alapon működő nyugdíjpénztárakat (III. pillér) a reform nem érintette. Ettől kezdve minden, újonnan az aktív munkavégzésbe belépő személy számára kötelező volt belépni az állam által szabályozott, de nem állami kézben levő megtakarítási programba. A már aktív munkavégzőknek életkortól függetlenül lehetőségük nyílt belépni a magánnyugdíjpénztárakba, de számukra nem tették kötelezővé a részvételt. A II. pillér lényege, hogy a pénztári tag a járulékainak egy részét a továbbiakban egy saját számlán írja jóvá, és azt fekteti be a magánnyugdíjpénztár, és ennek összege illetve hozamai adják majd a tag jövőbeli nyugdíj járadékának egy részét. A rendszer indulását követően a tagdíj a jövedelem 6%-a volt, melyet 2003-ra 7%-ra, illetve 2004-re 8%-ra emeltek. (Holtzer, 2010)

1996-tól, majd 50 évvel a korhatárcsökkentés után megkezdődött a nyugdíjkorhatár folyamatos emelése. A férfiak korhatára fokozatosan nőtt 60-ról 62-re a 2000-es évig, míg a nők esetében 55-ről szintén 62 évre emelkedett 2009-re. Ezzel a változtatással egy időben csökkentették a korhatár előtt nyugdíjba vonulók járadékait is. (Simonovits et al., 2002)

2010-ben azonban a magyar kormány a II. pillér fenntarthatatlanságára hivatkozva gyakorlatilag megszüntette a magánnyugdíjrendszer kötelező jellegét. A tagok lehetőséget kaptak visszatérni az állami nyugdíjrendszerbe, és megkaphatták a hozamaikat. A visszatérés automatikus volt és a magánnyugdíjpénztárban való maradásról kellett külön nyilatkoznia a munkavállalóknak. A három pilléres rendszer 13 éves működése alatt következett be az 1998-as orosz válság és a 2008-as gazdasági világválság is. A rövid időintervallum jobb éveinek hozamai nem tudták ellensúlyozni ennek a két évnek a gyenge – kockázatos portfóliók esetén gyakorlatilag negatív – hozamait. Ezen felül még 2010-re sem kerültek pontosan meghatározásra a magánnyugdíjpénztárakkal kapcsolatos állami szabályozások. A bizonytalanság, a gyenge hozamok és az állami nyugdíjrendszerbe való visszatérés előnyei azt eredményezték, hogy gyakorlatilag megszűnt a II. pillér. Önkéntes nyugdíjpénztárak továbbra is nagy számban léteznek, de a többség nem veszi igénybe őket. Így ezzel a lépéssel Magyarország visszatért egy elsősorban felosztó-kirovó elven működő nyugdíjrendszerhez.

Az 1998-as reform egyik célja az volt, hogy a társadalom idősödése következtében folyamatosan romló rendszerfüggőségi hányados negatív hatását ellensúlyozzák.

Ezekben az években kezdtek el azonban munkába állni a Ratkó-unokák (5. ábra II.), akik így erősen ellensúlyozták ezt a hatást egészen addig, amíg a szüleik, vagyis a Ratkó-gyerekek (5. ábra I.) nyugdíjba nem mennek. A 2010-es években megkezdődött a nyugdíjkorhatárok emelése, melynek során a korhatár mindkét nem számára 65-évre növekszik – az átállás várhatóan 2022-re fejeződik majd be. Ez és a korengedményes nyugdíjak jelentős részének 2012-es megszüntetése sokakat továbbra is munkában tart, ellensúlyozva ezzel a munkaerőhiányt és elodáztatva a Ratkó-gyerekek nyugdíjba vonulásának hatását. Ebben az esetben a Ratkó-unokák száma még képes részben ellensúlyozni a nyugdíjasok jelenleg növekvő számát, de körülbelül a 2035-től – amikor ők is nyugdíjba vonulnak – viszonylag hirtelen fog felborulni ez az egyensúly, és jelenlegi formájában pénzügyi szempontból fenntarthatatlanná válik a nyugdíjrendszer. A korfa jelenlegi alakja tehát elodáztatja a más fejlett országok által már tapasztalt negatív hatásokat, és lehetőséget ad Magyarország számára a megfelelő válaszlépések meghozatalára.

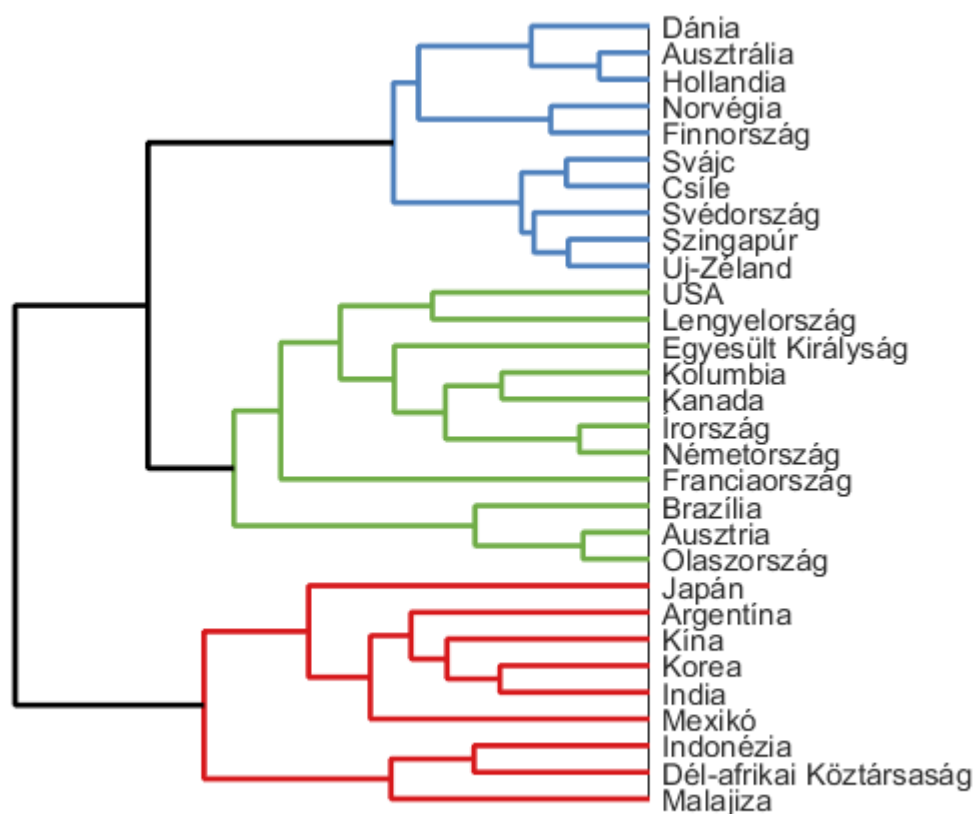
2.2.3. Nyugdíjrendszerek nemzetközi viszonylatban

Az egyes országok nyugdíjrendszerben alkalmazott megoldásai jelentősen eltérhetnek egymástól így összehasonlításuk és értékelésük viszonylag komplex feladat. Az MMGPI (Melbourne Mercer Global Pension Index) egy, az ausztrál Monash egyetem és a Mercer tanácsadó cég által közösen kidolgozott mutató, mely a nyugdíjrendszerek értékelésének egyik leginkább elfogadott mérőszáma. Az indexel kapcsolatos legújabb jelentés (Index, 2017) a világ 30 országának megoldásait elemzi és rangsorolja. Az MMGPI három különböző módon súlyozott alindexből tevődik össze:

- Adekvátság (40%)
- Fenntarthatóság (35%)
- Integritás (25%)

A rendszer adekvátsága és a pénzügyi fenntarthatósága magától értetődő elvárás (lásd 2.2.1. fejezet), míg az integritás alindex lényegében a rendszer stabilitását és megítélését minősíti. Az integritási pontszám függ az adminisztratív költségektől, a társadalom felé történő kommunikációtól, a szabályozási kerettől és attól, hogy milyen gyakoriak a rendszerrel kapcsolatos lényegi változtatások.

A 2017-es jelentés indexei (B függelék) szerint a legjobb nyugdíjrendszerrel rendelkező országok Dánia, Hollandia és Ausztrália, de tavaly egyetlen vizsgált ország sem érte el a legmagasabb (80 pont feletti) minősítést. Az MMGPI sorba állítja az egyes országok nyugdíjrendszereit, de a három alindex átlagolása során információt veszít, így nehezen összehasonlíthatók az egyes megoldások. Az országokat az alindexeik átlagos euklideszi távolsága alapján klaszterezve azonban felderíthető, hogy mely nyugdíjrendszerek állnak egymáshoz a legközelebb (7. ábra).



7. ábra. Országok klaszterezése az MMGPI alindexeik alapján (Index, 2017)

A dendrogramon jól látható, hogy a nyugdíjrendszerek három nagyobb csoportot alkotnak. A kék színnel jelölt klaszterbe tartoznak a legmagasabb MMGPI indexel rendelkező megoldások. Ezek az országok stabilan képesek fenntartani az

egyensúlyt a rendszer adekvátsága és fenntarthatósága között, így az integritásuk is magas pontszámot ér el. A zöld klaszter tagjai adekvát, de nem fenntartható rendszert valósítottak meg. Fontos megjegyezni, hogy több, a zöld kategóriába tartozó ország magasabb pontot kapott az adekvátság alindexre, mint bármely kék kategóriába tartozó megoldás. Ebből is látszik, hogy egy nyugdíjrendszernek nem csak az idősök megfelelő életkörülményeit, hanem az ennek fenntartásához szükséges erőforrásokat is biztosítani kell. A harmadik, piros kategóriába tartoznak azok az országok ahol komoly problémák vannak a nyugdíjrendszerekkel. A járadékok nem fedezik megfelelően az idősök szükségleteit, de a rendszer még így sem fenntartható, ráadásul – feltehetően a fejlesztés érdekében történő módosítások miatt – a rendszer integritási mutatója is rendkívül alacsony. Ezen országoknak általában egyik alindexe sem éri el az 50 pontot.

Az MMGPI elemzés nem terjed ki Magyarországra, de az előző fejezetben leírt jellemzők alapján a hazai nyugdíjrendszer is besorolható a megfelelő klaszterbe. A magyar nyugdíjrendszer felosztó-kirovó jellegű, így – változatlan szabályozás mellett – hosszú távon, a társadalom elidősödése fenntarthatósági problémákhoz vezet majd. Az ebből adódó bizonytalanság és várható reformok pedig jelentősen rontják a rendszer integritásának megítélését. A fizetések arányában viszont a magyar nyugdíjak egyáltalán nem maradnak el az Európában jellemző trendektől. A járadékok mértékének ennek ellenére rossz a társadalmi megítélése, ám ez elsősorban a laikusok számára átláthatatlanul komplex szabályrendszernek köszönhető. Tehát Magyarország nyugdíjrendszere feltehetően a zöld színnel jelzett klaszterbe kerülne az MMGPI elemzése során.

2.3. Kormányzati válaszlehetőségek a demográfiai folyamatokra

A fejlett országoknak szembe kell nézniük a társadalom idősödésével kapcsolatos fenntarthatósági problémákkal, és megfelelő válaszlépésekkel biztosítaniuk kell a további működést. Magyarország számára a Ratkó-korszak következményei miatt megváltozott korfa ideiglenesen elfedi az ilyen jellegű kihívásokat, de a rendszer pénzügyi fenntarthatósága szempontjából elengedhetetlen a beavatkozás. A lehet-

séges kormányzati válaszlépések feloszthatók közvetlen és közvetett kategóriákba. Közvetlen válaszlépés lehet minden a nyugdíjrendszer reformjával kapcsolatos intézkedés, míg közvetetten a kialakult társadalmi helyzet kezelése és befolyásolása jelenthet megoldást a nyugdíjrendszer számára.

Közvetlen válaszlépések

- A magyar népesség bizalma megrendült a nyugdíjrendszerben (lásd 2.2. fejezet), mivel a folyamatos változtatások szinte ellehetetlenítik a tervezést. A II. pillért alkotó magánnyugdíjpénztárak mindössze 12 évig képezték részét a nyugdíjrendszernek, pedig a nyugdíj jogosultság megszerzéséhez „elvárt” munkaviszony 40 év. Ráadásul rendkívül nehéz döntés elé állították a bevezetés idejében a munkavállalókat, hiszen a pénztárba történő belépés előnyeit és hátrányait szinte lehetetlen volt laikus szemmel átlátni. A nyugdíjrendszerek tervezése során általában feltételezik, hogy az érintettek tisztában vannak a szabályozásokkal. A gyakorlatban viszont jelentősen befolyásolja az egyes egyének döntését a rendszerrel kapcsolatos ismeretek hiánya. (Simonovits, 2015) A rendszer egységesítése, illetve az átláthatóságának elősegítése jelentősen segítené a nyugdíjrendszer megítélését. Elkerülhetőek lennének a nyugdíj teljes elértéktelenedéséről szóló pletykák, ha a lakosság tisztában lenne az-
zal, hogy a nyugdíjat az aktív időszak jövedelmének valorizált értéke alapján számítják. Egy információs társadalomban a nyugdíj témakörében érdeklődő személy a keresőmotorok segítségével blogokat, hírportálokat és egyéb magánjellegű oldalakat talál állami portálok helyett, és ezzel könnyen torz képet kap a rendszer működéséről és az esetleges változtatásokról. Ráadásul a kormányzati portálokon általában klasszikus jogi szöveggént, kereszthivatkozásokkal tűzdelt leírásokban találhatóak meg a keresett információk, melyek egy laikus számára átláthatatlanok, és jól működő kereső funkció hiányában nehezen hasznosíthatóak.
- Magyarország a tervek szerint 2022-re éri el, hogy egységesen 65 év legyen az öregségi nyugdíjkorhatár, ami megfelel az európai trendeknek. A megnövekedett korhatár javítja a rendszerfüggőségi hányadost, tehát több aktív dolgozó jut egy nyugdíjasra, így javul a rendszer pénzügyi fenntarthatósága. Az eme-

lések hatásfoka azonban csökkenhet, hiszen a várható élettartam növekedése nem jár feltétlenül együtt az egészséges, munkaképes időszakok kitolódásával (World Health Organization, 2015). A 66 évesek többsége még továbbra is képes munkában maradni, a 70 évesek esetén már csökken a munkaképesek aránya, míg 90 év felett feltehetően rendkívül alacsony azon személyek száma, akik aktív munkavégzésre alkalmasak. Előfordulhat tehát, hogy a korhatár további növelése megnöveli a korengedményes nyugdíjak és a leszázalékolások számát, és az idősebb munkavállalók termelékenységének csökkenésével is számolni kell. Bár általában igaz, hogy a nyugdíj utáni aktivitás fenntartása jótékony hatással van az egészségre, előfordulhat, hogy az időskori túlterhelés az egészségi állapot romlásával párosul. Ráadásul a korhatár emelése népszerűtlen intézkedés a lakosság körében. A korhatár változása egy huszonéves döntéseit nem befolyásolja jelentősen, egy néhány évvel a nyugdíjazás előtt álló számára viszont közvetlen hatással van. Minél közelebb áll valaki a nyugdíjazáshoz, annál érzékenyebben érintik a változások. Egy elidősödött társadalom esetén azonban a szavazásra jogosultak jelentős része közel áll a nyugdíjazáshoz, így az esetleges további emelések feltehetően „politikai öngyilkossággal” érnének fel az aktuális kormány számára. A korhatár egységes növelése egyre csökkenő gazdasági hozadékkal és nyugdíj előtt állók körében elégedetlenséggel párosul. A korhatár emelés társadalmi visszhangja azonban tompítható, amennyiben a változás csak a nyugdíjtól távolabb állókat érinti.

- Az aktuális korhatár növelése nélkül is van lehetőség a nyugdíjasok munkavállalására. Magyarországon jelenleg csak az jogosult öregségi nyugdíj ellátásra, aki már nem áll munkaviszonyban, így azok, akik a nyugdíjkorhatár elérése után is állományban maradnak, nem kapnak járadékot a nyugalmazásuk idejéig. Ez a megközelítés arra ösztönzi a munkavállalókat, hogy minél előbb nyugdíjba vonuljanak, még akkor is, ha egészségi állapotuk – és kedvük – lehetővé tenné a további munkát. A vidéki kórházakban például jelentős hiány van orvosokból, és sokakat visszahívnak a nyugdíjazásuk után is. Ekkor a kórház olyan ajánlatot kell, hogy tegyen, mely a kieső nyugdíj járadékot is kompenzálja. A nyugellátás mellett történő munkavállalás támogatása esetén feltehetően sokan választanák a további munkavégzést és így nőne a járulék-

fizetők aránya, hiszen ebben a konstrukcióban a munkavállalók továbbra is fizetnék a járulékokat, függetlenül attól, hogy már részesülnek a nyugdíj járadékából. Ezen felül az aktív tevékenység fenntartása pedig általában jótékony hatással van az egészségi állapotra, bár fontos figyelembe venni az – anyagi helyzet miatt – kényszerből munkában maradó rétegek egészségügyi állapotát és munkaképességét is.

- A felosztó-kirovó rendszer önmagában pénzügyileg nehezen fenntartható egy folyamatosan idősödő társadalomban, így felmerül a teljes rendszer reformjának és újragondolásának lehetősége. Azonban a tőkefedezeti rendszerről történő váltás eredeti oka a rossz gazdasági környezet és az alacsony kamatlábak voltak, viszont jelenleg is hasonló a gazdaság állása – bár természetesen messze nem olyan súlyos, mint a háború után volt. Ennek fényében feltehetően egy a korábbihoz hasonló hibrid vagy egy drasztikusan új alapokon nyugvó megoldás lehet csak igazán életképes. Egy ilyen lehetőség az Augusztinovics Mária által javasolt, pontrendszeren alapuló nyugdíjrendszer bevezetése. A megoldás lényege, hogy a munkavállaló a járulékai befizetésével pontokat gyűjt oly módon, hogy egy pontot szerez az, aki a teljes évet ledolgozta és a keresete az adott év átlagos bruttó bérének felelt meg. Ettől eltérő esetekben értelemszerűen kell arányosítani a pontot. Így az évről évre szerzett pontok függetlenek az inflációtól, egyszerűen összeadhatók. A későbbi nyugdíj kalkuláció során pedig egy pont értékét az aktuális átlagos nettó kereset alapján határoznák meg. Tehát kétszer annyi pontért biztosan kétszer akkora nyugdíj járna. A pontrendszer korrekt, aránytartó, rugalmas és rendkívül egyszerű, tehát bárki könnyen átláthatja és így előre tervezhet a nyugdíjas évekre. (Augusztinovics/Matits, 2015)

Közvetett válaszlépések

- A Ratkó-unokák példája alátámasztja, hogy állami beavatkozással lehetőség van a születésszámok növekedésének elősegítésére. (Bár a Ratkó-korszak eredményességéhez sem fér kétség, a Ratkó-törvény által alkalmazott drasztikus módszerek szemben állnak az európai alapelvekkel, ezért ezen lehetőségeket jelen értekezés nem tárgyalja.) A jelenlegi családi otthonteremtési kedvez-

mény (CSOK), a gyermekgondozást segítő ellátás (GYES), a csecsemőgondozási díj (CSED) vagy a gyermekgondozási díj (GYED) jellegű támogatások növelik a gyermekvállalási hajlandóságot, és ebbe az irányba tesz lépéseket a kormány aktuális gyermektámogatási programtervezete is. Az elmúlt néhány évben hosszú idő után növekedni kezdett Magyarország TFR mutatója, tehát a támogatásokban bekövetezett változások jó irányba haladnak. Mindazonáltal a gyermekvállalás hosszú távú elkötelezettség ezért a potenciális szülőknek számos különböző szempontot figyelembe véve kell meghozniuk a döntésüket. Jelentősen kitolódhat az első gyermekvállalási időpont, és ezzel lecsökkenhet a családonként potenciálisan vállalt gyermekek száma, ha bizonytalanok a körülmények. Ebbe beletartozik a gazdasági és jövedelmi bizonytalanság, de a gyermekek biztonsága – ideértve a közbiztonságot és az egészségügyet – és a társadalom hozzáállása a kisgyermekesekhez, illetve a gyermekneveléshez megfelelő környezet (pl.: iskolák, parkok, játszóterek). Mindezen területek fejlesztése további jótékony hatást gyakorol a születések számára.

- A nyugdíjrendszer egyik fő problémája a pénzügyi fenntarthatóság, vagyis, hogy az aktív népesség járulékaik nem képesek fedezni a nyugdíjasok járadékait. Változatlan nyugdíj törvények esetén kétféle módon javulhat a bevételek és kiadások mérlege: az egyik – valószínűtlen – lehetőség, hogy jelentősen javul a rendszerfüggőségi hányados, míg a másik, hogy az aktív népesség termelékenysége jelentősen megemelkedik. Utóbbi eset azonban csak akkor oldja meg a pénzügyi problémákat, ha folyamatosan ezen a növekvő pályán képes maradni a termelés, mert egy későbbi visszaesés következtében az akkor nyugdíjas réteg a korábbi jövedelme alapján magas járadékokra lenne jogosult és a csökkent termelékenység mellett ezt nehezen tudná fedezni az aktív népesség. Természetesen a termelékenység mértékét nagyon nehéz állami beavatkozással szabályozni, de ettől függetlenül, egy lehetőség a fenntarthatósági problémák kezelésére.
- Az oktatás fejlesztése egy hosszú távon megtérülő folyamat, de közvetett módon szinte minden gazdaságilag jelentős területre jótékony hatással van. A képzettebb munkaerő termelékenysége magasabb, tudatosabban él, ezért jobban odafigyel a saját egészségi állapotára. A statisztikák szerint a gyerekek

iskolai végzettsége erősen korrelál a szülők iskolai végzettségével (Andor/Liskó, 2000). Fontos kiemelni azonban, hogy a gyermekvállalás szempontjából a felsőoktatás fejlesztése negatív hatással jár, hiszen kitolja a gyermekvállalás idejét.

- Jelenleg közel 100 ezer magyar állampolgárnak van hivatalosan, külföldön bejelentett munkahelye, de a KSH becslései szerint a tényleges szám elérheti a 300 ezer főt is (Lakatos, 2015). Ez közel 10 százaléka a hazai foglalkoztatott népességnek. A kivándorlás ellensúlyozása érdekében lehetőség van pozitív ösztönzőkkel visszavonozni vagy itthon tartani a pályakezdőket. Jelenleg inkább névlegesek a hasonló törekvések: Az egyetemi tandíj visszafizetési kötelezettség – amennyiben a hallgató nem Magyarországon vállal munkát – inkább elidegeníti, mint itthon tartja a fiatalokat, ráadásul a nyugati átlagfizetésekhez képest a visszatérítendő tandíj mértéke elenyésző.
- A népesség kor szerinti összetételére szignifikáns hatással van a bevándorlás is. Az elmúlt két évben jellemző bevándorlási hullámok során érkezők kultúrája azonban jelentősen eltér az európaiaktól, így nehezen egyeztethetőek össze a népcsoportok érdekei. A rendszerváltás idején bekövetkező népvándorlás viszont jó példa arra, hogy a migráció jelentősen javíthatja munkaerőhiány problémáját. Tehát a bevándorlás megfelelő szabályozásával vagy esetleg célzott betelepítéssel befolyásolható a népesség korcsoportonkénti összetétele.

3. fejezet

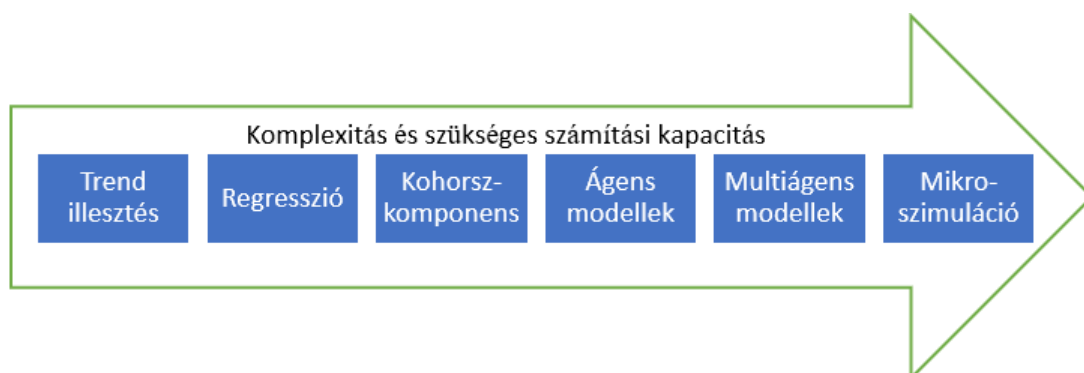
Demográfiai előrejelzések

A legtöbb fejlett országnak szembe kell néznie a népesség struktúrájának átalakulásából következő változásokkal. Gyakorlatilag minden OECD országban vannak a nyugdíjrendszer átalakításával kapcsolatos törekvések (OECD, 2015). A döntéshozatalhoz azonban elengedhetetlen a megfelelő hatásvizsgálatok elvégzése, illetve a népességben végbemenő folyamatok előrejelzése. A demográfiai folyamatok viszonylag lassúak, ezért hosszú távú (50-100 éves) előrejelzésekre van szükség a vizsgált rendszer rejtett karakterisztikáinak feltárása érdekében. Ezeknek az előrejelzéseknek a célja nem egyszerűen a jövőbeli indikátorok alakulásának becslése, hanem a különböző, tervezett reform scenáriók hatásainak összevetése. Az összehasonlítás viszont csak akkor lehetséges, ha az egyes előrejelzések hibája nem különbözik szignifikánsan. Egy ilyen feltétel teljesítése komoly kihívást jelent, figyelembe véve a népesség struktúrájában végbemenő változások mértékét, illetve a lehetséges válaszlehetőségek diverzifikáltságát.

3.1. Előrejelzési módszertanok

Az egyes előrejelzési módszertanok elsősorban a modellek komplexitása és a szükséges erőforrások (pl.: futási idő, számítási kapacitás, befektetett munkaórák) között tett kompromisszum jellegében térnek el egymástól (8. ábra). A legegyszerűbb becslések idősoros, makró szintű mutatókon – mint például a populáció mérete – alapulnak, és ezeket a mutatókat trend illesztéssel vagy regresszióval jelzik előre. A

hagyományos demográfiai előrejelzések, mint a kohorsz-komponens módszer csoportokat képeznek, és az egyes csoportok állapotait vagy létszámát változtatva iterálják a várható változásokat az egyes éveken. Az ágens (ügynök) alapú modellek az egyszerű átmenet valószínűségek mellett komplex, empirikus adatokon alapuló szabályok és algoritmusok segítségével szimulálják az ágensek (csoportok vagy entitások) közötti kapcsolatokat és interakciókat. A mikroszimuláció pedig lényegében az ágens modellek speciális változata, melyben minden egyes ügynök egy külön egyed, és nem egy csoportot képvisel. Ahogy haladunk a makró-mikró skálán (8. ábra) az egyre részletezettebb modellek felé, annál bonyolultabbá válik azok gyakorlati implementációja, illetve megnő az előrejelzéshez szükséges erőforrások mértéke. A megfelelő előrejelzési megközelítés kiválasztása érdekében ebben a fejezetben röviden bemutatásra kerülnek az említett módszertanok. A trendillesztés, a regresszió és a hasonló egyszerű módszerek széles körben ismertek és számos statisztikai programcsomag (pl.: R, SPSS) áll rendelkezésre a könnyű alkalmazásukhoz, ezért ezek ismertetésére jelen dolgozat nem tér ki.



8. ábra. Demográfiai előrejelzési módszertanok

3.1.1. Kohorsz-komponens módszer

A kohorsz-komponens módszer a demográfiai előrejelzések legelterjedtebb változata. Elsősorban a születések, halálozások és a migráció továbbvezetésére alkalmazható. Az eredeti folyamat kidolgozása Whelpton és társai nevéhez köthető (Whelpton, 1928) és a továbbfejlesztett módszer az alapja gyakorlatilag minden ország népesség előrejelzéseinek – ahol rendelkezésre állnak a szükséges adatok.

A módszer csoportokba (kohorszokba) sorolja az adott népesség egyedeit a választott tulajdonságaik alapján. A választott tulajdonságok jellemzően az életkor és a nem, de gyakran alkalmazott tulajdonság még az iskolai végzettség, a családi állapot vagy az etnikai hovatartozás is (pl.: 23 éves férjezett nők). Az egyes kohorszokat az adott csoportba tartozó egyedek száma jellemzi és – mivel az egyes halmazok diszjunktak – az elemszámok összege a teljes populáció lélekszámát adja eredményül. Az így kapott csoportokat a módszer évenként iterálva vezeti tovább az előrejelzés során. (Murdock/Ellis, 1991)

Minden egyes iterációban a csoportok elemszáma szétoszlik az eggyel magasabb életkorú csoportok között, de előbb az elemszám lecsökken az adott csoport tulajdonságainak megfelelő mortalitási ráták alapján. A gyakorlati implementáció során az elemszámok egyszerűen felszorozódnak egy túlélési (1 - mortalitási ráta) mátrix megfelelő elemével. Egy rövid távú (5-10 év) előrejelzéshez elegendő a népesség adatok egyszerű továbbvezetése, az ehhez szükséges mortalitási ráták pedig meghatározhatóak az adott év halálozási számai alapján. Hosszabb távú előrejelzés esetén azonban számolni kell a mortalitási trendek változásaival, így elengedhetetlen a halálozási valószínűségek továbbvezetése (lásd 4.7.2. fejezet) a korábbi évek mutatóira illesztett trendek alapján. A túlélő egyedek egy átmenet valószínűségi mátrix alapján kerülnek „szétosztásra” az új korcsoport kohorszai között. Az egyedek többsége a legnagyobb valószínűséggel az eredeti tulajdonságaiknak megfelelő kohorszban marad, de egyesek tulajdonságai megváltozhatnak (pl.: házasság, érettségi). Az átmenet valószínűségeket a mortalitási rátákkal korrigálva egyetlen mátrixszorzás elegendő az új kohorsz elemszámok meghatározásához.

A 0 éves korcsoport minden iteráció elején üres lesz, hiszen az egyes korcsoportok eggyel idősebbekké válnak. A születési valószínűségek a mortalitási rátákhoz hasonlóan határozhatóak meg. A születések tekintetében kohorsz-komponens módszer általában teljesen figyelmen kívül hagyja a férfi populáció méretét, így az újszülöttek száma csak a női statisztikáktól függ. Egy női kohorsz elemszámát megszorozva az adott csoport születési valószínűségével adódik az adott kohorshoz tartozó születések száma. Egy 0 éves kohorsz elemszáma pedig a megfelelő tulajdonságú csoportok születés számainak összegeként áll elő. Az újszülöttek legtöbb tulajdonsága (pl.: életkor, iskolai végzettség, családi állapot) adott, ezért a legtöbb 0 éves kohorsz üres halmaz lesz, hiszen nincs egyetemi diplomával rendelkező csecsemő. Az újszülöttek

esetén kizárólag a nemek arányát szükséges meghatározni. Ez az arány viszonylag állandó (kb. 51,4% fiú), bár egyes környezeti hatások befolyásolhatják (Földházi, 2013). A fiú gyermekek születési aránya a háborús időszakok után megnő, bár a jelenségre még nincs egyértelmű magyarázat, a statisztikák alapján egyértelmű és szignifikáns a hatás. Összességében viszont a háborúkhöz hasonló eseményeket szinte lehetetlen beépíteni egy előrejelzésbe, ezért az állandó nemek közti arány a jellemző az egyes modellekben.

A migráció modellezése a legtöbb esetben már a kiinduló adatok meghatározásánál problémába ütközik, mivel általában nem létezik olyan adatgyűjtés mely a ki- és bevándorló népességet nyilvántartja. Az Európai Unió országaiban – ahol a tagok ellenőrzés nélkül utazhatnak az országok között – gyakorlatilag lehetetlen a népmozgások nyilvántartása. Az egyéb statisztikák alapján azonban meghatározható a nettó migráció (a ki- és bevándorlás különbsége). Két egymást követő év népesség számainak különbségéből levonva a második év születéseinek számát és hozzáadva a halálozások számát, adódik a nettó migráció, amennyiben pontosak voltak a népszámlálási adatok. Ezzel a megközelítéssel további probléma, hogy a népszámlálások – illetve mikrocenzusok – jellemzően legalább egymástól 5 év távolságban történnek, így a becsült nettó migráció adatai még pontatlanabbak. Amennyiben rendelkezésre állnak a migrációs adatok, a népmozgások egyszerűen implementálhatóak a modellbe.

A kohorsz-komponens módszerrel végzett előrejelzések rendkívül egyszerűen implementálhatóak, gyakorlatilag bármilyen táblázatkezelő szoftverben pillanatok alatt elvégezhetőek a szükséges mátrix szorzási műveletek. A modell felépítése során az egyetlen problémát a szükséges adatok hiánya jelentheti. A kohorsz-komponens alapú modellek azonban nehezen bővíthetőek. Egy újabb vizsgált tulajdonság bevezetése esetén eggyel megnő az átmenet valószínűségi mátrix dimenzióinak száma, és az új mátrix minden egyes elemét újra kell számolni. Ráadásul az egyes kohorszok mérete jelentősen lecsökken a vizsgált dimenziók számának növekedésével, így az egyes csoportok közti átmenetek számítása során gyakran nagyon alacsony létszámok hányadosából adódik a valószínűség. Az ilyen módon elaprózódott valószínűségek viszont jelentősen rontják a modell eredmények megbízhatóságát. Emiatt a gyakorlatban a kohorsz komponens módszert ritkán alkalmazzák 4-nél több vizsgált tulajdonság esetén – amiből kettő szinte mindig az életkor és a nem.

3.1.2. Ágens modellek

A komplex számítógépes modellezés jelenleg nem elterjedt a szociológia- és gazdaságtudományok terén. Ennek oka feltehetőleg az, hogy a megoldások nem elég transzparenszek, nehezen megvalósíthatóak és – az analitikus megoldásokhoz képest – megbízhatatlanok. Megfelelően alkalmazva azonban ezek a modellek is képesek megbízható előrejelzésekre, illetve olyan magyarázatok és logikai összefüggések feltárására, amire egy analitikus modell nem lehet képes. A természettudományokban alkalmazott számítógépes szimulációk elsősorban egyenleteken alapulnak (pl.: gázok és folyadékok dinamikája), viszont a társadalmi- és gazdasági rendszerek folyamatait eddig még nem sikerült formális matematikával leírni, így ezek modellezéséhez másfajta megközelítésre van szükség.

Az ágens alapú modellezés (Agent Based Modelling = ABM) objektumok közti interakciókkal valósítja meg a rendszerek szimulációját. A memóriával rendelkező, autonóm objektumok az úgynevezett ügynökök, vagy ágensek. Egy ügynök reprezentálhat egy országot, céget, csoportot vagy akár egyént is. A szimuláció során az ágensek viselkedése és a köztük végbemenő interakciók leírhatóak döntési szabályok, egyszerű függvények vagy empirikus adatokon alapuló algoritmusok segítségével. A szabályrendszerek jellege alapján logikus az alábbi módon csoportosítani az ágens alapú modelleket (Helbing, 2012):

- A *fizikai modellek* azt feltételezik, hogy az ügynökök a jelen (és/vagy a múlt) eseményeire reagálva cselekszenek.
- A *gazdasági modellek* feltételezése szerint az ügynökök a jövőbeli elvárásaiknak megfelelően cselekszenek és önző módon hozzák meg döntéseiket.
- A *szociológiai modellek* előfeltevése, hogy az ügynökök saját és társaik jövőbeli elvárásainak (és esetleg múlt és jelenbeli tapasztalataiknak) megfelelően cselekszenek.

A demográfiai előrejelzések során nem az egyes csoportok vagy egyének haszon maximalizálásának, hanem a hosszú távú döntéseknek a modellezése a cél. Tehát egy elsősorban szociológiai jellegű modell a legalkalmasabb a hatásvizsgálatokhoz szükséges előrejelzések megvalósításához. Ezzel a megoldással lehetőség nyílik olyan

mutatók egymásra hatásának vizsgálatára, melyeket a kohorsz-komponens megközelítés alkalmazása során gyakorlatilag lehetetlen lenne bevezetni. (A szülők iskolai végzettsége például erősen befolyásolja a gyerekeik jövőbeli iskolai végzettségét.)

Az ágens alapú demográfiai modellek az egyes iterációk során a szabályoknak megfelelően módosítják az ügynökök tulajdonságait. Ezekben a megoldásokban az egyes ágenseket már nem csak az általuk képviselt egyedek száma, hanem tetszőleges számú tulajdonságuk is jellemezheti. A vizsgált tulajdonságok számának növelése során csak az adott tulajdonságokhoz tartozó szabályrendszer – illetve a korábbi szabályokkal való interakciók – implementálása szükséges. A bővítés után nem kell újraszámolni a korábban megvalósított funkciók paramétereit, és ennek köszönhetően nem aprózódnak el úgy az egyes átmenet valószínűségek, mint a kohorsz-komponens megoldások esetén. A multi-ágens szimulációk kiválóan alkalmasak hipotézisek tesztelésére és a vizsgált rendszerben rejtett kapcsolódások feltárására. Az idegtudományokban például már régóta széles körben elterjedt a nagy egyedszámú szimulációk alkalmazása az idegsejt hálózatok működésének vizsgálata során. (Markram, 2006; Csernai et al., 2019)

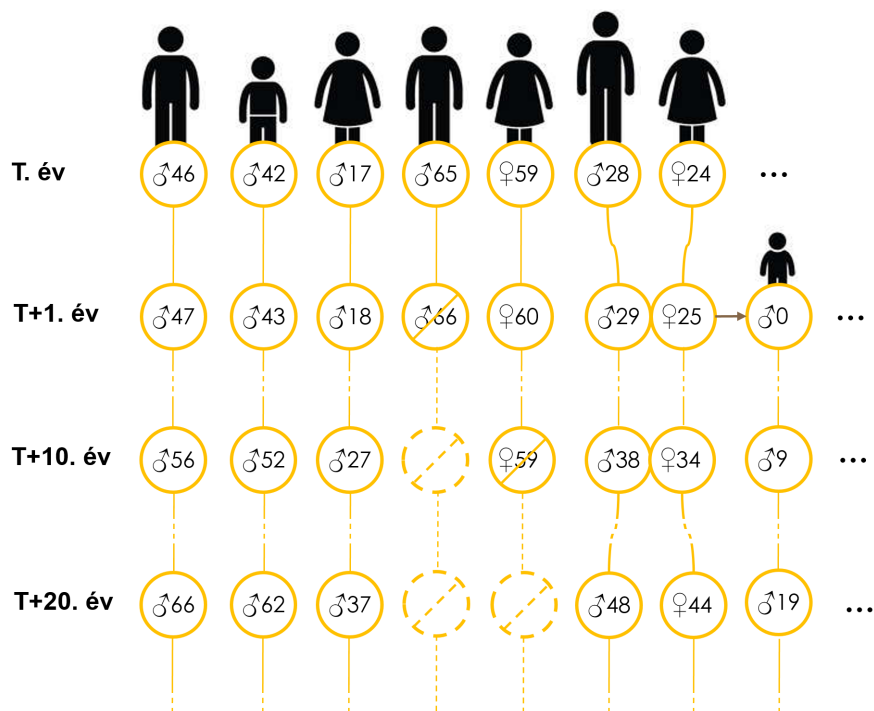
A komplex szimuláció fő hátránya viszont, hogy implementálása rendkívül bonyolult, még a megfelelő célszoftverek (pl.: Repast, NetLogo) használata esetén is – egyébként pedig magas szintű programozói ismereteket igényel – ráadásul a modellek futtatása is komoly számítási kapacitást emészt fel.

3.1.3. Mikroszimuláció

A demográfiai mikroszimuláció tekinthető tehát az ágens modellek szélsőséges eseteként, melyben az egyes ügynökök egy-egy személynek felelnek meg. A két módszertan közti eltérések nincsenek egyértelműen definiálva (Zagheni, 2015). Mikroszimuláció alkalmazása esetén az ügynököknek nincs memóriája, és viszonylag kevés a visszacsatolás a rendszerben, de szükség esetén ezek az ágens modellekre jellemző funkciók is egyszerűen implementálhatók.

A mikroszimuláció – csoportosítás helyett – minden egyes egyed életpályáját külön követi (9. ábra). Az iterációs lépések az entitások szintjén történnek, és az entitások tulajdonságai minden egyes lépés során a megadott szabályok, statisztikai valószínűségek és empirikus adatokon alapuló algoritmusok alapján módosulnak

(Csicsman/Fényes, 2012). A megközelítés alapja Monte Carlo módszer, mely csak megfelelő elemszám mellett képes pontos eredményeket produkálni, emiatt egy mikroszimulációs modellben gyakran több millió egyed szerepel, szemben a viszonylag kis létszámú „reprezentatív ügynökökkel” (Dekkers et al., 2015).



9. ábra. Mikroszimuláció illusztráció

A hagyományos előrejelzési módszerek célja általában a predikció, vagyis a mutatók jövőbeli alakulásának becslése. Ezzel szemben a mikroszimuláció egy projekciós eszköz. A projekció mindig helyes, feltéve, hogy az előfeltevések is helyesek voltak – és nincsenek implementációs hibák. Az előfeltevések persze a valóság egyszerűsített modelljén alapulnak, és nem fedik azt tökéletesen, ráadásul a demográfiai folyamatok komplexitásuk miatt kaotikusnak tekinthetők, így a legkisebb „tévedés” az előfeltételezések során jelentősen megváltoztathatja a továbbvezetés kimenetelét. A predikciós módszerek a jövő legvalószínűbb alakulását próbálják meghatározni, míg a projekció kérdése inkább az, hogy „mi lenne ha”. Ezért a projekciós jellegű előrejelzések esetén elengedhetetlen több különböző szcenárió vizsgálata, és ennek

érdekében a modell többszöri futtatása, ami egy komplex modell esetén jelentősen növeli a szükséges erőforrásokat.

A populációs modellekben felmerül az új egyedek kezelésének kérdése. A csoportosított megközelítésekben a csoportok száma – a lehetséges állapotkombinációk által – meghatározott, és az iterációk során nem változik. A születések, illetve halálozások kezelése pedig egyszerűen megoldható a csoport elemszámok módosításával. Egy mikroszimulációs modellben azonban a több generáción átívelő folyamatok nyomon követése érdekében szükség van új egyedek létrehozására (születés) és törlésére (halálozás). Az új egyedek létrehozása során azonban felmerül a rendszer határainak kérdése. Bár globális szempontból a népesség alakulása egy zárt rendszer, az országok szintjén a be- és kivándorlás jelentős hatással van a demográfiai folyamatokra (lásd 2.1.1. fejezet). A népmozgások implementálása csak abban az esetben kezelhető zárt rendszerként, ha a modell a világ teljes népességét magába foglalja. Ez a megközelítés nem reális opció, hiszen nagyságrendekkel növeli az implementáció bonyolultságát és erőforrásigényét, de elenyésző mértékben nyújt többlet információt a vizsgált ország szempontjából. A nemzetközi népmozgások modellezése tehát elsősorban egy nyitott modellel valósítható meg, de ehhez külön implementálni kell a migrációs folyamatokat, és meg kell határozni az újonnan betelepülő egyedek indukáló tulajdonságait. Ez megoldható meglévő egyedek „klónozásával”, vagy előzetesen létrehozott forrás populációkból történő sorsolással is. A zárt modellek sokkal konzisztensebbek, és a párválasztás implementálása során jobban követhetők benne az egyedek közti kapcsolatok. A nyílt modellben viszont a párválasztás során egyszerűen létrehozható a megfelelő partner, és megspórolható a partner megkeresésével járó rendkívül erőforrás igényes mintavételezési procedúra. (Spielauer, 2009)

Egy mikroszimulációs modell alapvetően az egyének tulajdonságait vezeti tovább az időben az egyén másik tulajdonságainak és a rendszer különböző exogén paramétereinek függvényében. (Csicsman/Fényes, 2012; Freudenberg/Berki/Reiff, 2016) A gyakorlatban többnyire elegendő ez az úgynevezett statikus mikroszimulációs megoldás. Bizonyos folyamatok vizsgálata során azonban szükség van a rendszer- vagy csoport szintű változók figyelembe vételére is. A munkaerőpiac kínálati oldalának megváltozása például a reálbérek változásán keresztül befolyással lehet a munkavállalási hajlandóságra. (Benczúr/Kátay/Kiss, 2012) Az ilyen jellegű vissza-

csatolásokat is tartalmazó, dinamikus mikroszimulációk állnak legközelebb az ágens modellek megoldásaihoz.

A mikroszimuláció alapú modellek implementálása során lehetőség van a hagyományos iterációs lépésektől eltérő módon kezelni a modell alakulását. A hagyományos időben lineárisan haladó megközelítés során az egyedek tulajdonságaiban végbemenő változások szimultán módon történnek az iterációk közben. Ezzel szemben esemény vezérelt megközelítés során az egyes egyedek életpályája egyenként is végig követhető. Ebben az esetben a szimulációhoz szükséges számítási kapacitás könnyedén szétosztható több számítógép között, amennyiben nincs interakció az egyedek között. Ha a lehetséges interakciót igénylő események (pl.: házasság, válás, születés) száma viszonylag alacsony egy egyed életpályája során, akkor az adott eseménytől kezdve újra kell számítani a módosított életpályáját. Amennyiben viszont sok az interakció, akkor ez a megoldás nagyságrendekkel növelheti a szükséges számítási kapacitást.

Az alkalmazott időkeretek alapján mindkét típus (esemény vezérelt és időben lineáris) esetén lehetőség van diszkrét és folytonos idejű szimuláció implementálására. A diszkrét szimulációk nem tesznek különbséget az adott intervallumokon belül bekövetkezett események között. Demográfiai előrejelzések esetében a választott intervallum jellemzően az év, így például az egyedek születésnapjának nincs jelentősége a szimuláció során, csak a születés éve számít. A folytonos megközelítések alapja az események bekövetkezési idejének illetve az esemény időtartamának statisztikai modellekkel történő leírása. A szimuláció ebben az esetben egy fix időpontból indul, és egy véletlen szám generátor segítségével meghatározásra kerül az összes lehetséges esemény időtartama és kezdő időpontja, majd az induló időponthoz legközelebbi esemény következik be. Ezután a választott esemény vége lesz az új kiindulási pont és az egész folyamat az egyed(ek) haláláig ismétlődik. A diszkrét megközelítés során jelentős információ veszteséggel kell számolni, azonban az általában rendelkezésre álló adatok (lásd 4. fejezet) éves bontásban hozzáférhetőek, így a folytonos szimulációk nem alkalmazhatóak kiegészítő előfeltevések vagy a múltbeli adatok becslésére irányuló szimulációk használata nélkül. Technikailag a folytonos szimuláció is diszkrét módon kerül implementálásra, ezért fontos, hogy megfelelően kicsi legyen a választott intervallum. Ugyanis, ha egy intervallumban több esemény is bekövetkezhet,

akkor azon események kombinációját, mint külön eseményt is implementálni kell, és ezzel jelentősen megnő a modell komplexitása. (Galler, 1997)

A mikroszimulációs előrejelzés képes lehet megmagyarázni komplex demográfiai folyamatokat, és a projekció eredménye egy olyan részletes adathalmaz, ami egyébként csak a jövőben megismételt adatfelvétel során állhatna elő. A részletezettség és az egyedek közti kapcsolatok modellezésének ára viszont az implementációs nehézségekben jelenik meg. A mikroszimulációs modellek megvalósításához magas szintű szoftverfejlesztői ismeretek és – a gyakran több milliós egyedszám miatt – jelentős számítási kapacitás szükséges.

3.2. Választás indoklása

A nyugdíjrendszer fenntarthatósága érdekében tett lépések jelentősen befolyásolhatják a demográfiai trendek alakulását, ráadásul az egyes változtatások, reformok közvetlen vagy közvetett módon egymásra is hatással lehetnek. Az iskolázottság javulása és a magasabb jövedelem például várhatóan csökkenti a gyermekvállalási hajlandóságot. Tehát figyelembe kell venni az egyes mutatók közti kapcsolatokat. Az egyedek jellemzésére használt tulajdonságok számának növekedésével a kohorsz-komponens módszer egyre kevésbé lesz alkalmas erre a feladatra.

Vannak olyan jelenségek, melyek nem írhatók le analitikusan kezelhető függvényekkel. A szolgálati idő alapján számított nyugdíjszorzó például 15 év szolgálati idő után 0%-ról 50%-ra ugrik, de hasonló ugrások történnek az anyák különböző mutatóiban egy gyermek születésekor is. A multi-ágens modellek csoportszinten aggregált mutatói esetén minden egyes ilyen szakadási pont mentén fel kellene darabolni az érintett csoportokat. A problémát az jelenti, hogy vannak olyan jelenségek melyek esetén a szakadás a személy életpályája folyamán bármikor – akár többször is – bekövetkezhet. Jó példa erre a GYES igénybevétele a szolgálati idő szempontjából. Az ilyen esetek lehetséges állapotainak kezelése már olyan csoportbontást igényelne, mely a mikroszimuláció egyénenként vett felbontását közelíti.

Emellett elengedhetetlen a scenáriók összehasonlíthatóságának biztosítása, vagyis az egyes előrejelzések hibájának egymáshoz hasonló szinten tartása. A jövőbeli nyugdíj költségek becslésének példáját tekintve több különböző lehetőség adódik az előrejelzésre: egy egyszerű trend illeszthető a korábbi évek költségeire, így a költség

előrejelezhető, mint makró mutató. Ezzel szemben a mikro szinten, az egyedek költségeit külön-külön becsülve állapíthatók meg a várható nyugdíj járadékok. Mindkét esetben bonyolult a beavatkozások hatásainak implementálása az egyes modellekbe, ráadásul a gyakorlati implementációtól függően jelentősen eltérhetnek az egyes előrejelzések hibái. Mindazonáltal, ha maga a populáció a mikro szintű előrejelzés tárgya, akkor, ha az egyedek tulajdonságai megfelelő mértékben részletezettek, az egyes reform intézkedések, mint determinisztikus számítások rávetíthetők a becsült társadalmi állapotokra. Ily módon az egyes becslések esetén a részletezettség miatt előfordulhat – bár nem feltétlenül garantált – a magasabb hibakorlát, de az egyes szcenáriók közti hibakülönbség minimálisra csökkenthető, és így összehasonlíthatók az eredmények.

Az összehasonlíthatóság kapcsán felmerülhetnek az egyes csoportok szintjén történő összevetések. Egy ágens modell esetén csak a csoport átlagok és szórások határozhatók meg, a pontos eloszlásfüggvények viszont nem. A nyugdíjrendszer adekváttsága szempontjából viszont fontos kérdés a nyugdíjasok járadékok szerint vett eloszlása. A kormány aktuális gyermektámogatási programja kapcsán pedig érdekes lehet az anyák gyermekek száma szerint vett eloszlása. A mikroszimuláció alkalmazása esetén megválaszolhatók az ilyen jellegű kérdések is.

Egy ilyen megoldás megvalósításához azonban egy rendkívül részletes kiinduló adathalmazra van szükség, és az előrejelzés is komoly számítási kapacitást igényel. A mikroszimulációs megoldások alkalmazása esetén viszont kezelhetők az egyének tulajdonságai közti kapcsolatok és a szakadási pontok, biztosított az előrejelzések megfelelő részletezettsége és eloszlási jellegű kérdések is megválaszolhatók. Tehát amennyiben rendelkezésre állnak a kellően részletezett kiinduló adatok (lásd 4. fejezet) és a szükséges számítási kapacitás (lásd 5. fejezet), akkor a mikroszimuláció a legalkalmasabb a nyugdíjrendszer hatásvizsgálatával kapcsolatos demográfiai előrejelzések kivitelezésére.

3.3. Megvalósult előrejelzések

A demográfiai előrejelzések során a kohorsz-komponens módszer alkalmazása a széles körben elterjedt, bevett gyakorlat. Magyarországon elsősorban a KSH Népeségterületi Kutatóintézete (NKI) foglalkozik népesség előreszámítással, és az 1963-as

megalakulása óta – az ENSZ által is alkalmazott – kohorsz-komponens módszeren alapuló előrejelzéseket használnak az intézet kutatói. (Hablicsek, 2005; Földházi, 2013)

Bár a mikroszimulációs módszertan az implementációs nehézségekből adódóan sokkal kevésbé elterjedt, már az 1980-as évek vége felé elkezdtek alkalmazni különböző hatásvizsgálatok elvégzése során (Csicsman, 1987). A magyar kutatók pedig azóta is folyamatosan alkalmaznak mikroszimulációs modelleket a társadalomtudományi vizsgálatok terén (Benczúr/Kátay/Kiss, 2012; Kovács/Takács, 2003; Freudenberg/Berki/Reiff, 2016). Az ONYF keretein belül is megvalósítottak egy nagyobb lélegzetvételű mikroszimulációs projektet a nyugdíjrendszerrel kapcsolatos vizsgálatok támogatása érdekében (Rézmovits, 2015). A MIDAS_HU névre keresztelt rendszer fejlesztése 2012-ben indult el, ezért jelenleg is – az akkor rendelkezésre álló adatokból adódóan – ezt az évet használja bázisévként a szimuláció során. A 2012 óta elérhető adatok pedig segítenek a tesztelésben és a rendszer kalibrálásában. A szimuláció diszkrét idejű és egy közel 2 millió modellszemélyből álló mintán kerül futtatásra. A modell az alapvető demográfiai modulon túl a háztartások formálódását és a munkaerőpiacot is szimulálja, illetve az így kapott eredményekre építve határozza meg a pontos nyugdíjakat. A MIDAS_HU – és a MIDAS modelleszék – a LIAM2 nevet viselő, nyílt forráskódú, diszkrét idejű demográfiai előrejelzések megvalósítására szolgáló fejlesztői könyvtáron alapul (De Menten et al., 2014).

Napjainkra a legtöbb fejlett ország már rendelkezik valamilyen mikroszimulációs módszertanon alapuló demográfiai előrejelző rendszerrel, ám ezek a megoldások – a MIDAS_HU-hoz hasonlóan – gyakran egy meglévő projekt felhasználásán alapulnak, és a rendszer magjának lefejlesztése nem az adott országhoz köthető. Ennek ellenére számos különböző demográfiai témájú mikroszimulációs keretrendszer vagy szoftvercsomag létezik, viszont ezek jelentős részének a fejlesztése abbamaradt az évek során, és új rendszerek vették át a helyüket. Jelen dolgozat a hosszú távú mikroszimulációkra fókuszál, ezért nem foglalkozik olyan, a fix sokaságot alkalmazó modellekkel, mint például az Európai Bizottság EUROMOD keretrendszere (Lelkes/Sutherland, 2009). A leginkább általános és jelenleg is futó nagyobb mikroszimulációs fejlesztések a következők:

- Kanada volt az egyik első ország, mely mikroszimulációs módszertant alkalmazott a demográfiai előrejelzések kapcsán, így érthető módon az elmúlt évtizedek során több különböző megoldást is implementáltak (pl.: LifePaths, DemoSim). A jelenlegi kanadai keretrendszer a **ModGen** (Model Generator) nevet viseli. A ModGen egy rendkívül generikus mikroszimulációs programozási nyelv, mely egyaránt képes diszkrét és folytonos idejű modellek megvalósítására, sőt az egyedek közti interakciók implementálására is alkalmas (Spielauer, 2009). A ModGen bárki számára ingyenesen hozzáférhető, C++-ban íródott, de nem nyílt forráskódú. Emiatt, bár rendkívül alapvető funkciókat valósít meg, komoly korlátokat is szab, ráadásul a modellépítés nyelve is a C++, ami nem tartozik a könnyen tanulható nyelvek közé, így magas szoftverfejlesztői ismereteket igényel a használata. Létezik egy grafikus felhasználói felület a ModGen-hez, de ez elsősorban egy gyakorlatilag kész modell paraméterezését teszi lehetővé, még kevesebb szabadságot biztosítva a felhasználónak.
- A **JAMSIM** (JAVA MicroSIMulation) egy Java-ban és R-ben megvalósított nyílt forráskódú szoftver. „Kevésbé keretrendszer, inkább a mikroszimulációval kapcsolatos alapfunkciókat megvalósító csomagok laza gyűjteménye. (Mannion et al., 2012)” A nyílt forráskódtól eltekintve hasonló funkcionalitással bír, mint a ModGen, így ugyanazon problémák is merülnek fel. Viszonylag általános, látványos grafikus felülettel rendelkezik, de a modell építés továbbra is egy alacsony szintű, bár a C++-nál jelentősen gyorsabban elsajátítható nyelv, a Java ismeretét igényli a felhasználatól. A JAMSIM az R nyelvet elsősorban az eredményekből készült jelentések megvalósítására használja.
- A **GENESIS** egy az Egyesült Királyság Munka és Nyugdíjügyi Hivatala (UK Department of Work and Pensions) által fejlesztett általános, dinamikus mikroszimulációs modell. A különlegessége, hogy a modell motorját SAS-ban programozták (IBM Statistical Analysis Software) és egyszerű Excel munkafüzetekkel paraméterezhető (Edwards, 2004). A SAS egy széles körben elterjedt statisztikai programcsomag, melyet a demográfiai problémákkal foglalkozó kutatók jellemzően jól ismernek, így a modellel kapcsolatos ismeretek elsajátítása feltehetően egyszerű feladat lenne számukra. A GENESIS azonban nem hozzáférhető külső felhasználók számára, és szükséges hozzá SAS szoftver licenc is.

Ráadásul a modell implementálása erősen függ a már létező SAS funkcióktól, komoly korlátokat szabva ezzel a felhasználók számára.

- A **LIAM2** diszkrét idejű, dinamikus mikroszimulációk megvalósítását támogató elsősorban Python nyelven fejlesztett, ingyenes és nyílt forráskódú programcsomag (De Menten et al., 2014). Ez a szoftver az alapja a magyar MIDAS_HU modellező rendszernek. A LIAM2 sokkal általánosabb, gyorsabb és felhasználóbarátabb, mint az elődje (LIAM = Life - Cycle Income Analysis Model (O Donoghue et al., 2009)). A keretrendszer alapelve, hogy elválasztja egymástól a programozói és modellezői feladatokat. A LIAM2 modellezői „nyelve” inkább csak a kész funkciók paraméterezésére és a modulok sorba állítására szolgál. Lévén az egyik legújabb keretrendszer, általánosabb funkciókkal rendelkezik a társainál, de még mindig nem ad lehetőséget a komplexebb viselkedési algoritmusok implementálására – amennyiben a felhasználónak nincsenek fejlesztői ismeretei Python nyelven.

A fent említett keretrendszerek kivételével a mikroszimulációs módszertanon alapuló demográfiai modellek döntő többsége ad-hoc jellegű, vagyis csak az aktuális problémára koncentrál, és nehezen használható fel újra. A fent említett fejlesztések ezzel szemben generalizált modellek, és rendkívül részletes – általában grafikus felülettel támogatott – konfigurációs lehetőségeket biztosítanak. A generalizált keretrendszerek tervezése során az egyik legjelentősebb kihívás a könnyű felhasználás és a rugalmasság közti egyensúly megtalálása. A létező megoldások magas szintű programozási nyelvek segítségével biztosítják a könnyű felhasználást, és elrejtik a komplex kódrészleteket a felhasználó elől. Ennek hátránya viszont, hogy olyan jelentős viselkedési logikák kódja is a háttérbe szorul, melyeket adott esetben módosítana a felhasználó (pl.: párválasztási algoritmusok). A JAMSIM és a MIDAS esetén ezt a problémát részben orvosolja a keretrendszerek nyílt forráskódja, azonban az eredeti kódban történő módosítások már újfent komoly szoftverfejlesztői ismereteket igényelnek. A jelen dolgozatban felvázolt keretrendszer célja az egyszerű felhasználhatóság és a rugalmasság javítása a szimuláció futási idejének alacsony szinten tartása mellett.

4. fejezet

Modellezéshez szükséges adatok beszerzésének problémái

A mikroszimuláció alapú demográfiai előrejelzések megvalósításához rendkívül részletes adatgyűjtésekre van szükség. A módszertan gyakorlatilag nem korlátozza a vizsgált tulajdonságok számát, a megfelelően részletezett adatok hiánya viszont továbbra is határt szab a szimulációk részletességének. Az előrejelzések tervezése során elengedhetetlen eme korlátok és a demográfiai szempontból releváns és elérhető adatok halmazának minél pontosabb ismerete.

4.1. Adatkezeléshez kapcsolódó fogalmak

Az adatkezeléshez kapcsolódó fogalmakra – az adat fogalmához hasonlóan – nem létezik egységesen elfogadott definíció. Ráadásul az egyes megfogalmazásokban jelentős, lényegi különbségek is előfordulnak attól függően, hogy milyen szakterület szemszögéből vizsgálják az adatokat. Jelen alfejezet célja, hogy tisztázza a további fejezetekben a szerző által az adatkezeléssel kapcsolatban használt fogalmakat, illetve a további egyszerűbb leírások érdekében bevezetett terminológiákat.

A demográfiai előrejelzések alapját a valós társadalomról gyűjtött adatok képezik. A magyar Központi Statisztikai Hivatal (KSH) módszertani dokumentációja szerint a **statisztikai adat** „a valós világ egyedeinek tulajdonságaira vonatkozó statisztikai megfigyelések, illetve további statisztikai műveletek eredménye”.

A demográfiai szempontból releváns adatok gyűjtése azonban a személyiségi jogok védelme érdekében erősen szabályozott. Magyarországon az 1992. évi LXIII. törvény (a személyes adatok védelméről és a közérdekű adatok nyilvánosságáról) fektette le az érzékeny adatokkal kapcsolatos fogalmakat és a begyűjtésük szabályozásának alapjait. A 2011. évi CXII. törvény (az információs önrendelkezési jogról és az információszabadságról) felváltotta az 1992-es törvényt, de az alapvető fogalmakban nem eszközölt lényegi változtatást, hiszen a célja elsősorban az Európai Unió szabályoknak történő megfeleltetés és a korábbi szabályozások bővítése volt. Az új törvény alapján **személyes adat** „az érintettel kapcsolatba hozható adat - különösen az érintett neve, azonosító jele, valamint egy vagy több fizikai, fiziológiai, mentális, gazdasági, kulturális vagy szociális azonosságára jellemző ismeret -, valamint az adatból levonható, az érintettre vonatkozó következtetés”.

A személyes adatok alcsoportjai a **különleges adatok**, melyek kezelését a törvény külön szabályozza. Ide tartozik a faji és nemzetiségi hovatartozás, a politikai nézetek, a vallási meggyőződés, illetve a szexuális élettel és egészségügyi állapottal kapcsolatos információk. A törvény fő alapelve, hogy a személyes adatok kizárólag a rendelkezésekben előre meghatározott esetekben (előírt adatgyűjtés, joggyakorlás, kötelezettség teljesítés) kezelhetők, illetve akkor, ha ehhez az érintett hozzájárult.

A 2018. május 25.-étől érvényes a GDPR (General Data Protection Regulation), az Európai Unió legújabb adatvédelmi szabályozása. Az ezt megelőző jogszabályok elsősorban ajánlások voltak, melyeket az egyes tagállamok a saját értelmezésük szerint építhettek be a saját szabályozási keretükbe. A GDPR viszont kötelező érvényű rendelet az EU tagállamai és az unió területén működő cégek számára. Bár az egyes vállalkozásokat érzékenyen érintheti az új szabályoknak való megfelelés, ez a rendelet nem eredményez lényegi változtatásokat az állami adatgyűjtések és a fent említett fogalmak kapcsán.

A személyes adatok kezelése során a szabályozások betartása érdekében elengedhetetlen a felelősök meghatározása. Az **adatkezelő** – vagy **adatgazda** – „az a természetes vagy jogi személy, illetve jogi személyiséggel nem rendelkező szervezet, aki vagy amely önállóan vagy másokkal együtt az adat kezelésének célját meghatározza, az adatkezelésre (beleértve a felhasznált eszközt) vonatkozó döntéseket meghozza és végrehajtja, vagy az adatfeldolgozóval végrehajtatja”. Az adatkezelés tehát komplex feladatkör, amely a felelősségen túl magába foglalja az adatokkal történő műveletek

összességét, különös tekintettel az adatgyűjtésre, a tárolásra és az illetéktelen felhasználás megakadályozására. Utóbbi esetben a magyar jogszabályok alapján – a fent említett eseteken kívül – nem adható ki olyan statisztikai adat, mely alkalmas egy konkrét érintett egyértelmű azonosítására.

Az adatgazdák által kezelt **adatforrások** magukba foglalják a begyűjtött adatok halmazát, a belőlük generált adatbázisokat és a hozzájuk tartozó **metaadatokat** – azaz a más adatokat leíró adatokat és nomenklatúrákat. Az adatgyűjtés jellege alapján megkülönböztethetők úgynevezett elsődleges és másodlagos adatforrások. Az **elsődleges adatforrások** közé tartozik minden olyan adatgyűjtés eredménye, melyet közvetlenül az adatkezelő kezdeményezett, míg a **másodlagos adatforrások** esetén az adatgyűjtést kezdeményező szervezet nem azonos az adatgazdával. Az adatgyűjtések történhetnek megkérdezések (pl.: kérdőív) vagy megfigyelések (pl.: árak összeírása) segítségével és lehetnek teljes körűek (pl.: népszámlálás) vagy részlegesek, vagyis reprezentatív mintán elvégzettek (pl.: mikrocenzus). Az **adatszolgáltatók** azok az érintettek, akiktől az összegyűjtött adatok származnak. (Gárdos, 2015)

Az összegyűjtött statisztikai adatok segítségével építhető fel egy a valós társadalomnak megfelelő mikroszimulációs modell. A szimuláció során az egyes egyedek **tulajdonságai (attribútumai)** olyan adatok, melyek kiinduló értékei a statisztikai adatok alapján kerülnek beállításra. Ezek az attribútumok a modellben meghatározott szabályoknak megfelelően megváltozhatnak az egyes iterációs lépések során. Bár a mikroszimulációs megközelítés nagyságrendekkel részletesebb más előrejelzési módszereknél, ez is egy modellező eszköz, mely a valóság egyszerűsített modelljét hivatott megalkotni. Lehetetlen minden egyes valós folyamatot és tulajdonságokat befolyásoló szabályt pontosan meghatározni, de lehetőség van az egyes mutatók statisztikai becslésére. A születendő gyermekek nemének egyértelmű meghatározása pusztán a szülők körülményeinek ismeretében nem lehetséges, de a korábbi évek statisztikai alapján becsülhető a fiú gyermekek aránya és ez alapján alakítható a modellben születendő gyermek neme. Ennek megfelelően a további fejezetekben a **paraméter** kifejezés minden esetben olyan – a tulajdonságoktól különböző – adatot jelöl majd, mely alakulását a szimuláció nem befolyásolja. A paraméterek lehetnek konstans vagy a historikus adatok alapján előrejelzett, időben változó értékek is

(lásd 4.7.2. fejezet), de minden esetben a szimulációtól független külső adatok. (Burka et al., 2017)

4.2. Nemzeti adatvagyon

Magyarországon a statisztikai adatgyűjtések és a kapcsolódó statisztikai tevékenységek szabályait az 1993. évi XLVI. törvény (a statisztikáról) tartalmazza. A magyar szabályozáson túl a statisztikai tevékenységeknek meg kell felelniük az Európai Statisztika Gyakorlati Kódexének, illetve az Európai Parlament és a Tanács 223/2009/EK rendeletének. Utóbbi alapvető európai szintű szabályozásokról, adatvédelmi kötelezettségekről és az adatok az Európai Közösségek Statisztikai Hivatala részére történő továbbításáról rendelkezik. A magyar statisztikai törvény tartalmazza az adatkezeléssel kapcsolatos rendelkezéseket és kimondja, hogy hivatalos statisztikai tevékenységet kizárólag a Hivatalos Statisztika Szolgálat (HSSz) tagjai láthatnak el:

- Központi Statisztikai Hivatal
- Minisztériumok
- Országos Bírósági Hivatal elnöke
- Legfőbb Ügyészség
- Magyar Nemzeti Bank
- Gazdasági Versenyhivatal
- Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal
- Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal
- Agrárgazdasági Kutató Intézet

Magyarország legnagyobb adatkezelője és egyben a HSSz tevékenységének összehangolásáért felelős szervezete a Központi Statisztikai Hivatal (KSH). A 2009. évi (XII. 15.) kormány rendelet az Országos Statisztikai Adatgyűjtési Program (OSAP) keretein belül határozza meg a statisztikai szolgálatok tényleges adatgyűjtéseinek és

adatátvételeinek körét. A KSH minden évben felülvizsgálja az OSAP adatgyűjtéseit és ennek megfelelően új tervezetet állít össze, illetve a saját adatgyűjtései mellett figyelemmel kíséri a program végrehajtását a HSSz többi szervezeténél.

Az OSAP kizárólag a statisztikai szolgáltatók közti adatátvételeket rögzíti. A nemzeti adatvagyonnak azonban fontos részét képezik még az OSAP-ban nem rögzített másodlagos adatforrások is: Az *adminisztratív adatok* körébe tartozik minden olyan adat, ami egy egyénnel kapcsolatos joghatás során keletkezett. Ez lehet közterhekkel, juttatásokkal vagy valamilyen eljárás során felmerülő információ. Az adminisztratív adatoknak elsősorban az egyének szintjén történő ügyintézés a célja, így ezek minden esetben pontosan azonosítják az egyes személyeket, szemben a statisztikai adatokkal melyek kapcsán az azonosítás inkább csak a statisztika eszköze. Adminisztratív adatok gyűjtését minden esetben rendeletek szabályozzák és a felhasználásuk során elsősorban az adatvédelmi törvény az irányadó. Bár az adminisztratív adatok elsődleges célja nem a statisztikák készítése, a rendszerezett és teljes körű adatgyűjtés következtében rendelkezésre álló historikus adatok rendkívül hasznosak a trendek előre vetítése során. A *vállalkozások és kutatóhelyek* által gyűjtött adatok is felhasználhatóak a statisztikák készítése során, azonban az egyének azonosítására alkalmas adatok kiadására csak az adatvédelmi törvénynek megfelelően vagy az egyén írásos engedélyével van lehetőség. A magánvállalkozások esetén a biztosítók, hitelügynökségek, közművek, telefontársaságok vagy az üzleti elemzők adatai bizonyulhatnak hasznosnak, míg a kutató helyek esetén a szociológiai felmérések és közvélemény kutatások eredményei segíthetnek a demográfiai folyamatok megértésében. A *big data* kifejezés a naponta keletkező, óriási mennyiségű, digitális adattömegre vonatkozik. Az ATM adatok, a GPS koordináták, Google keresések, Facebook vagy Twitter bejegyzések és Youtube videók is ebbe a kategóriába tartoznak. Ezeknek az adatoknak az elemzése hagyományos statisztikai eszközökkel nem megoldható. Adatbányászati módszerekre és gépi tanulásra, valamint jelentős számítási kapacitásra és tárhelyre van szükség az óriási adattömegből történő információ kinyerésére. Előnye azonban, hogy komplex társadalmi folyamatok feltárására ad lehetőséget és az adatbányászati módszerek nem igénylik az egyedek azonosítását, így elkerülhetőek az adatvédelmi problémák. (Gárdos, 2015)

4.3. Fellelhető adatok köre

A mikroszimuláció kiinduló adathalmaza a demográfiai folyamatok egy adott időpillanatban vett állapota, aminek az olyan széles körű adatgyűjtések felelnek meg, mint a népszámlálás vagy a mikrocenzus. Magyarországon ezeknek az adatgyűjtéseknek a lebonyolítása és az eredmények kezelése a KSH feladata. A népszámlálások és mikrocenzusok jellemzően felváltva követik egymást körülbelül 5 évente. A szimuláció iterálásához és a folyamatok modellezéséhez azonban idősoros adatokra is szükség van. A demográfiai és nyugdíj szempontból releváns, idősoros adatgyűjtések és adatforrások halmaza viszont rendkívül tág és nehezen meghatározható. Az adatgazdák szempontjából történő feltérképezés nehézsége, hogy az egyes adatgazdák – főleg az OSAP-on kívüli adatforrások esetén – nem egységesen vezetik az adatforrásokkal kapcsolatos nyilvántartásokat. Emiatt ebben a fejezetben a demográfiai és nyugdíj szempontból releváns, évente folyamatosan gyűjtött adatforrások téma szerint kategorizálva kerülnek bemutatásra. A fejezet célja az egyes adatkategóriák főbb elemeinek ismertetése és a hozzájuk tartozó adatgazdák azonosítása, viszont nem cél az összes adatforrás pontos meghatározása. Az OSAP-ban foglalt adatforrások meta-adatai azonban egységes formában elérhetőek és megtalálhatók a KSH online felületén.

Halálozás

Magyarországon az 1997. évi CLIV. egészségügyről szóló törvény alapján minden kórházban elhunyt vagy hamvasztani kívánt halottat kórbonctani vizsgálatnak kell alávetni, amennyiben az elhunyt vagy valamely más hozzátartozója másképp nem rendelkezik. Ettől különböző esetekben is kötelező egy részletes – rövid kórtörténetet is tartalmazó – halotti bizonyítvány kitöltése minden egyes elhunyt esetén. A múltira vonatkozóan tehát teljes körű adat áll rendelkezésre, így pontosan meghatározhatók a halálozási valószínűségek. Ezek az adatgyűjtések az OSAP-ban szabályozottak, de a halál és a vizsgálat jellegétől függően a megadandó adatok jelentősen eltérhetnek, így minden különböző típushoz külön adatgyűjtés tartozik. Az egészségügyi törvény előtti időszakból is elérhetőek részletes halálozási statisztikák egészen az 1950-es évekig. A halálozással kapcsolatos adatforrások gazdája a KSH, így egy helyen megtalálhatóak a halálozással kapcsolatos adatok.

Születés

A születéssel kapcsolatos adatok jegyzése annak az anyakönyvvezetőnek a feladata, akinek a működési területén a gyermek született. Az intézményben történő szülést az intézmény vezetője köteles legkésőbb a születést követő munkanapon bejelenteni. A 35/2011. (III. 21.) kormány rendelet alapján lehetőség van az intézményen kívüli szülésre is, de tervezett esetben a felelős személy szintén a szülést követő első munkanapon köteles bejelenteni az eseményt, míg előre nem tervezett időpontban születő gyermek esetén a szülőnek van nyolc napon belüli bejelentési kötelezettsége. A születési anyakönyvben a gyermek és a szülők alapadatai, illetve a többes szülés ténye is szerepel. A teljes körű születési adatokat a helyi szervezetektől átvéve a KSH kezeli és teszi elérhetővé statisztikai célokra.

Migráció

Az országon belüli népmozgások nagyon nehezen követhetőek, csak azok az esetek jelennek meg a statisztikákban, amikor a költözés egyben a bejelentett lakcím megváltozásával is együtt járt. A különböző kedvezmények (pl.: utazási kedvezmény) miatt azonban sokan nem jelentik be az ideiglenes lakcímüket, jelentősen torzítva ezzel az adatokat. A lakcímek pontos nyilvántartása a helyi okmányirodákba történő bejelentések alapján a Közigazgatási és Elektronikus Közszolgáltatások Központi Hivatalának (KEK KH) feladata. A belföldi népmozgások ezen adatokból kinyert statisztikáival azonban a KSH foglalkozik.

A bevándorlás nyomon követése szignifikánsan komplexebb ennél. A különböző forrásokból összegyűjtött adatok alapján szintén a KSH állítja össze a nemzetközi vándorlási statisztikát, de az ehhez szükséges adatok több forrásból érkeznek. A Bevándorlási és Állampolgársági Hivatal (BÁH) kezeli a bevándorlással kapcsolatos kérelmek (letelepedés, tartózkodási engedély, vízum és menekült státusz) kiadását és a kiadott engedélyekkel rendelkezők nyilvántartását. Szintén ez a szervezet foglalkozik az állampolgársági ügyekkel. A kizárólag munkavállalói engedéllyel az országban tartózkodók viszont a Állami Foglalkoztatási Szolgálat (ÁFSZ) hatáskörébe tartoznak, így róluk csak az ÁFSZ gyűjt adatokat.

A Magyarországról történő kivándorlás az Európai Unióhoz való csatlakozás óta jelentősen egyszerűbbé vált. Emiatt nagyon nehéz pontosan felmérni a külföldön tar-

tózkodó magyarokat. Mivel a kint élők csak kis számban váltanak állampolgárságot, a nyugdíj kalkulációjuk során figyelembe kell venni a külföldön töltött éveiket és ezt a helyi szervezetekkel kell elszámolni. Ennek következtében az Országos Nyugdíj Főigazgatóságnak (ONyF) nyomon kell követnie a külföldön tartózkodók jövedelmét. Emellett a legutóbbi, 2016-os mikrocenzus folyamán a KSH kibővítette a kérdőívét egy – opcionális – kivándorlással kapcsolatos űrlappal, mely a megkeresett jövőbeli terveiről és múltbeli külföldi tartózkodásairól tesz fel kérdéseket.

Háztartások és család

A KSH az OSAP-ban meghatározott módon évente gyűjt adatokat a háztartási statisztika számára, melyben az egy bejelentett lakcímen együtt élők adatai és háztartás szintű mutatók szerepelnek. Az adatgyűjtés kiterjed a háztartás költségvetésére, a tagok életkörülményeire, infokommunikációs technológiák használatára és a háztartásban élők viszonyára. A háztartási statisztika mintavételezett, önkéntes adatgyűjtés, mely nem terjed ki a teljes lakosságra, és évről évre változhat a megkeresett háztartások halmaza.

Napjainkban egyre kevésbé jellemző, hogy egy család több generációja együtt él egy háztartásban, ezért a háztartás statisztika önmagában nem elegendő a családi állapotok – a párkapcsolatok és a szülő-gyermek viszonyok – vizsgálatára. Magyarországon a házasságkötést és a válást is anyakönyveztetni kell és az ezzel kapcsolatos adatokat is átveszi a KSH, de az egyre elterjedtebb élettársi viszonyokat csak az önkéntes adatgyűjtések segítségével lehet becsülni. A születési anyakönyvi kivonat tartalmazza a szülő gyermek kapcsolatokat, de ezeket adatvédelmi okokból nem lehet összekapcsolni az anonim adatfelvételekkel, így nem lehet tudni, hogy egy személynek kik a szülei, amennyiben nem egy háztartásban élnek.

Iskolai végzettség

A demográfiai előrejelzés során az egyedek karrierjében és a jövőbeli jövedelmek meghatározásában van a legnagyobb szerepe a legmagasabb iskolai végzettségnek. Ezt az információt a legtöbb adatgyűjtés során meg szokás kérdezni (pl.: népszámlálás, háztartás statisztika), ezért az iskolai végzettségek adatai elérhetőek a KSH-ban. A szimulációban azonban meg kell határozni ezeknek a végzettségeknek az

alakulását, hiszen az érettségi egy 18 éves esetén csak az adott pillanatban jelenti a legmagasabb végzettséget. Az oktatással kapcsolatos adatokat maguk az oktatási intézmények szolgáltatják. Az oktatásba történő belépéssel és az egyes képzések elvégzésével kapcsolatos adatok kezelése az Oktatási Hivatal (OH) feladata. Az OH adja ki és tartja a nyilván a diákigazolványokat is. A felsőoktatással és a felvételi eljárásokkal ezen felül még az Oktatási és Kulturális Minisztérium (OKM) foglalkozik. A felsőoktatási adatok kezelése a Felnőttképzési Információs Rendszer (FIR) segítségével történik. A felsőoktatási intézmények illetve az intézmény kezelők kötelesek feltölteni és megfelelően frissíteni az adataikat. A FIR a 79/2006. (IV.5.) kormányrendelet óta létezik, de a 2011. évi CCIV. törvény (a nemzeti felsőoktatásról) során jelentős fejlesztéseken ment keresztül. A rendszer működtetésért és a benne tárolt adatok kezelésért az OH felel. A FIR több másik adatkezelőnek is adatszolgáltatási kötelezettséggel tartozik: az iskolai végzettségekhez tartozó statisztikákhoz a KSH, a nappali oktatásban résztvevő hallgatók egészségügyi ellátásra való jogosultság megállapítására pedig az Országos Egészségbiztosítási Pénztár (OEP) számára szolgáltat adatokat.

Jövedelem, nyugdíj

A népesség jövedelmi viszonyainak felmérése két szempontból közelíthető meg. A KSH háztartási statisztikája részletesen felméri a háztartás tagjainak kiadásait – önbevallási alapon. Ezzel szemben a direkt megközelítés a jövedelmek nyomon követése, mely elengedhetetlen az adószabályok betartatásához. Magyarországon 2011. január 1.-ig az Adó- és Pénzügyi Ellenőrzési Hivatal (APEH) látta el a magánszemélyek és vállalkozások jövedelmével és adóbevallásával kapcsolatos adatok kezelését. 2011-től az APEH és a Vám- és Pénzügyőrség (VP) összevonásával létrejövő Nemzeti Adó- és Vámhivatal (NAV) lett ezen teendők jogutódja. Felhasználva az ÁFSZ foglalkoztatási statisztikáit és a NAV-hoz bejelentett adatokat az előrejelzésbe beépíthető az egyedek jövedelmének alakulása. Hasonlóan más állami szervezetekhez, a NAV is adatszolgáltatási kötelezettséggel tartozik a KSH számára.

Az Országos Nyugdíj Főigazgatóság (ONYF) feladata a nyugdíjakkal kapcsolatos adatok kezelése és a különböző nyugdíj jogosultságok (pl.: öregségi, özvegyi, rokkantsági) elbírálása. A magyar nyugdíjrendszer – az elmúlt évtizedekben végbe-

ment változások következtében – rendkívül komplex, és az egyes személyek nyugdíját az életpályájuk során a rendszerben bekövetkezett változások figyelembe vételével kell meghatározni. Ráadásul az Európai Unióhoz történő csatlakozás következtében – a munkaerő szabad áramlása miatt – gyakran országokon átívelő jövedelem történetet kell figyelembe venni. Ehhez az ONYF elsősorban a KSH-tól és más Európai intézményektől veszi át a szükséges adatokat.

A jövedelmek és a nyugdíjak kiszámítása kapcsán szükség van a foglalkoztatással kapcsolatos statisztikákra is. A rendszerváltás előtti időszakban egy személy általában egy munkahelyen dolgozta végig a szolgálati idejét. Napjainkra azonban teljesen átalakultak a trendek és már egy sokkal töredezetebb karrierpálya a jellemző. (Augusztinovics/Matits, 2015; Freudenberg/Berki/Reiff, 2016) Az ONYF-ben természetesen a foglalkoztatással kapcsolatos adatok is fellelhetők, hiszen ezek nélkül nem lehetne meghatározni a pontos nyugdíjakat.

Egészségi állapot

A járóbeteg és kórházi ellátás, illetve az ehhez kapcsolódó biztosítások adatkezelése az Országos Egészségbiztosítási Pénztár (OEP) feladata. Az adatvédelmi törvény alapján – a különleges esetek kivételével – nem adhatók ki az érintettek hozzájárulása nélkül a személyes adatnak minősülő egészségügyi adatok. Emiatt a KSH-ban csak az átvett adatokból készített statisztikák és a KSH saját – nem teljes körű – adatgyűjtéseinek eredményei állnak rendelkezésre. Bár közvetlenül nem tartozik az egészségi állapothoz, bizonyos modellekben szükség lehet az egészségügyi infrastruktúra és a egészségügyben dolgozók vagy képzésben résztvevők adataira is. Ez utóbbiak kezelése az Egészségügyi Engedélyezési és Közigazgatási Hivatal (EEKH) feladata, melytől a KSH is átvesz adatokat.

Ideológia, nemzeti identitás

Az adatvédelmi törvény különleges adatként tekint minden ideológiával (vallási meggyőződés, politikai vélemény, pártállás), nemzeti identitással (nemzeti, nemzetiségi vagy etnikai hovatartozás) és faji eredettel kapcsolatos adatot. Ezek igen érzékeny, de a modellezés szempontjából rendkívül fontos adatok. A népszámlálások és mikrocenzusok része az ilyen jellegű adatok felmérése és az ezekkel kapcsolatos válaszadás

az 1992-es adatvédelmi törvényig kötelező volt. A törvény alapján a kisebbséghez való tartozás vállalása és kinyilvánítása az egyén kizárólagos és elidegeníthetetlen joga, és ennek kinyilvánítására nem kötelezhető. Ugyanez igaz bármilyen ideológia irányzat esetén is. Ez a megközelítés ezen felül újabb adatkezelési problémát vet fel, hiszen a nyilatkozónak lehetősége van több identitást és ideológiai irányzatot is megjelölni.

4.4. Adatforrások elérhetősége

A fent leírt adatforrások jellemzően elérhetőek kutatási célból, de csak erősen korlátozott formában. A KSH statisztikái például ingyenesen hozzáférhetőek, de ha nem áll a rendelkezésre statisztika a kért bontásban, akkor az előállítás költségeiért cserébe azt is biztosítják. Adatvédelmi okokból azonban nem adhatóak ki olyan adathalmazok, melyből bármely személy azonosítható lenne. Ez különösen igaz az egészségügyi adatok esetében. A szabályozások szerint egy adathalmaz akkor megfelelő, ha legalább öt egyén esik bármely tulajdonság kombináció által meghatározott csoportba, ezzel biztosítva az anonimitást.

A mikroszimuláció során azonban ideális esetben az egyének eredeti adatait érdemes felhasználni. Az adatok ilyen jellegű aggregálása, majd egy valószínűségi eloszlás szerinti szétosztása információvesztéshez vezet. A legtöbb adatkezelő ellenőrzött körülmények között lehetőséget ad az eredeti adatokon történő elemzésekre. A KSH kutatószobájához bárki igényelhet hozzáférést, és ott elérheti a megfelelően részletezett adatokat. Azonban csak előre elküldött ellenőrzött programkódokat vihet be, és részletesen dokumentált, aggregált adathalmazokat vihet ki onnan, melyeket szintén személyesen ellenőriznek a KSH munkatársai. Ebből következően az ellenőrzéseknek jelentős átfutási ideje van.

Tehát van lehetőség a részletes adatokhoz való hozzáférésre, de csak az adatgazda intézményén belül. A problémát az jelenti, ha több különböző adatforrás együttes felhasználását igényli az adott hatásvizsgálat megvalósítása. Ebben az esetben ugyanis – amennyiben nem kap különleges engedélyt egy kutató – kompromisszumokat kell kötni, és az adathalmazok közül az aggregált statisztikákat kell felhasználni, mivel nincs olyan központi adattár, ahol minden adatforrás hozzáférhető lenne. Figyelembe véve, hogy a KSH rendelkezik a legtöbb demográfiai szempontból rele-

váns adatforrással, szükség esetén a többi adatgazda statisztikai kapcsán érdemes az adatvesztéssel számolni.

4.5. Az elérhető adatok minőségének vizsgálata

Elméletben rendkívül széleskörű adatforrások állnak rendelkezésre a demográfiai és nyugdíj szimulációk megvalósításához. A gyakorlatban azonban az adatgyűjtések során felléphetnek olyan problémák, melyek jelentősen befolyásolják az egyes adatforrások minőségét és használhatóságát. A hiányzó (NULL értékű) és hibás adatok viszonylag ritkák az automatizált adatgyűjtések esetén, azonban az előző pontban vizsgált adatforrások többsége inkább kérdőíves, személyes kitöltést igénylő adatgyűjtés eredménye. Utóbbi esetben gyakori, hogy a megkérdezett megtagadja a válaszadást bizonyos kérdésekre, vagy valamilyen okból – tudatosan vagy tévedésből – helytelen adatot ad meg. Fennáll még az egyszerű elírás veszélye is, bár a legújabb adatfelvételek (pl.: népszámlálás) során már szoftveres űrlapokat alkalmaznak, melyek segítik a kérdezőbiztosokat az ilyen jellegű hibák elkerülésében. A vizsgált adatforrásokkal (lásd 4.3. fejezet) kapcsolatban ezeken felül több minőségi probléma is felmerül.

Magyarországon komoly kihívást jelent a jövedelmek meghatározása. A magyar jövedelemadók és járulékok európai viszonylatban magasak, viszont az adórendszer rendkívül komplex, sok kivételt, kedvezményt és mentességet tartalmaz. Ennek következtében pedig sok adózó minden lehetséges módon megpróbálja kihasználni a rendszerben keletkezett kikapukat. Egyes becslések szerint a feketegazdaság megközelítheti a magyar GDP egyharmadát, így Magyarország az Európai Unió egyik legrosszabb adómoráljával rendelkező országa (Balogh et al., 2015). Tovább nehezíti az adatok felhasználását, hogy jelentős eltérés van az adóhatóságnak bevallott jövedelem és az esetleges önkéntes adatgyűjtés során bevallott között. Az adóhatóság irányába pontatlanul közölt adatok adócsalásnak minősülnek, így ott az adózók többsége pontosan nyilatkozik. Az önkéntes válaszadás esetén azonban a magyar népesség nagy része – feltehetően a szocialista időszak mentalitásának utóhatásaként – meglehetősen paranoiás, és a többségük a valós jövedelme alatti értéket ad válaszul a feltett kérdésekre. Különösen igaz ez abban az esetben, ha az illető valamilyen szinten adót csal. Jó példa lehet erre a lakás bérbeadás: csak az elmúlt

években szigorodott meg bérbeadások ellenőrzése, és korábban a népesség jelentős része számára természetes volt számla nélkül lebonyolítani a tranzakciót. A fals jövedelemmel kapcsolatos válaszok miatt a népszámlálás jövedelemösszege jelentősen elmarad a háztartás statisztika kiadási oldalától, mivel érdekes módon a kiadások bevallása során kevésbé óvatosak az emberek. Emiatt – amennyiben a szimuláció elsősorban a KSH adataira támaszkodik – érdemes a kiadási oldal felől becsülni a jövedelmeket.

A különböző migrációs folyamatok esetén nem a valótlan adatok megadása, hanem az adatszolgáltatás hiánya jelenti a problémát. A belföldi népmozgások két legfőbb oka a tanulmányok megkezdése vagy a munkahely változás. Előbbi esetben azonban viszonylag ritka a saját lakás tulajdon, a többség inkább a kollégiumot vagy az albérletet választja. Egyik esetben sem jellemző az új lakcím bejelentése – még tartózkodási címként sem. 2017-ben több mint 60 ezer hallgatót vettek fel felsőoktatási intézménybe valamilyen alapszintű képzésre (OH adat). A felvételizők döntő többsége a felvételi idején 18 éves, és az 1999-ben születettek száma 95 ezer (KSH adat). Tehát a fiatalok több, mint a fele tovább tanul, és közülük egy szignifikáns hányad ezt nem a saját városában teszi, így valószínűleg nem egyezik a tartózkodási helye a bejelentett lakcímével. Az országból kifelé történő népmozgások esetén pedig az Európai Unió tagság miatt gyakorlatilag semmilyen módon nem szükséges jelezni a lakcím változást. Főleg abban a helyzetben igaz ez, ha valaki csak ideiglenesen tartózkodik külföldön és vissza tervez jönni. Az elmúlt évek bevándorlási hullámai során az országba érkezett illegális bevándorlók számát pedig legfeljebb becsülni lehet. Bár az érkezők döntő többsége esetén megtörtént a kötelező regisztráció, a továbbiakban a személyeket lehetetlen nyomon követni. A bevándorlók általában a jobb életszínvonalat biztosító nyugati országokat célozták meg, és csak tranzit országgént érintik Magyarországot. Tehát a nyitott határok miatt nem csak az illegális határátlépők adatai hiányoznak, hanem az is bizonytalan, hogy a regisztráltak még az országban tartózkodnak-e.

A halálozási lapok kitöltése az elhunyt orvosának feladata. A rendkívül részletes adatlapon fel kell tüntetni a halál okát, illetve a halálokhöz vezető egyéb problémákat, akár 4 ok-okozati kapcsolatig visszamenően. Egy szívrohamban elhunyt beteg esetén például a cukorbetegség lehet az egyik megelőző probléma. A betegségeket a nemzetközi sztenderd szerint a BNO (Betegségek Nemzetközi Osztályozása) kódok-

kal kell azonosítani, és ezekkel a kódokkal kell leírni a halálokokat is. Napjainkban az űrlapok kitöltése legtöbbször elektronikus formában történik, és szükség esetén könnyedén megkereshető a szükséges kód. Nagyjából a 2000-es évekig azonban az orvosoknak kézzel kellett kitöltenie a kódokat, és jellemzően csak a saját területükhöz tartozó néhány kódot tanulták meg. A halálok pontos leírásának legfeljebb a kriminológiában lehet jelentősége, de ebben az esetben az igazságügyi orvosszakértő végzi a boncolást és állapítja meg a pontos halálokot. Természetes halál esetén azonban senki nem vizsgálja felül az orvos által megadott okokat, de nincs is rá szükség, hiszen – a statisztikától eltekintve – nincs gyakorlati jelentősége. Ráadásul a kórházak támogatását az ott kezelt BNO kódok listája alapján határozzák meg, így tovább torzítja az adatokat, a jövedelmezőbb kódok kiválasztása. Tehát az orvosoknak a rendkívül stresszes munka és túlterheltség mellett semmilyen érdeke nem fűződik a halálozási adatlap precíz kitöltéséhez – sőt egyes esetekben érdekük helytelenül kitölteni. Emiatt a halálokokkal kapcsolatos adatok nem megbízható forrásai a demográfiai előrejelzéseknek.

Az 1992-es adatvédelmi törvény óta nem kötelező az etnikai hovatartozás megadása a népszámlálások során. A többség ettől függetlenül is megadja ezt az adatot, de a diszkriminációtól való félelem miatt sokan megtagadják a válaszadást vagy egyszerűen valótlan állítanak. Ugyanez a helyzet olyan más különleges adatok esetén, mint a vallás vagy a politikai meggyőződés. Ráadásul a másik véglet adatkitöltése is problémát jelent, a gyakran túlzásba vitt politikai korrektséget a többségi társadalom egyre negatívabban fogja fel és viccként tekint rá. Jó példa erre a magyar „Vállald a népszámláláson, hogy Jedi vagy!” mozgalom. Bár az ilyen jellegű fals adatszolgáltatás ritka, mégis tovább torzítja a gyűjtött adatokat. A különleges adatok esetén tehát feltehetően szignifikáns az eltérés a valós értékektől, de ennek az eltérésnek a mértéke még elfogadható, ezért a szimuláció során – megfelelő körülménnyel – felhasználhatóak.

4.6. Szimulációk a rendelkezésre álló adatok tükrében

A demográfiai előrejelzések kapcsán a vizsgált területeket jelentősen behatárolja az elérhető adatforrások minősége. Ráadásul a mikroszimulációs megközelítés a hagyományos megoldásoknál (pl.: kohorsz-komponens módszer) részletesebb bontásban igényel adatokat. Egy hosszú távú szimulációban elengedhetetlen a halálozás és a születés modellezése, és ezekhez megtalálhatóak a szükséges adatforrások. A népszámlálási adatok felhasználásával pedig adott tulajdonságok szerinti bontásban is becsülhetőek az egyes évek mortalitási és fertilitási rátái, de bizonyos bontásban (pl.: nem, életkor) pontos adatok is elérhetőek. A migráció is szignifikánsan hozzájárul a népesség alakulásához, viszont a népmozgások esetén még az elérhető adatok pontossága is kérdéses, ezért ezekre becsült adatként kell tekinteni.

A népesség egyénenkénti alakulásán felül az egyedek közti interakciók és egymásra hatások modellezéséhez részletes keresztmetszeti adatok állnak rendelkezésre. A háztartás statisztika pontosan megadja az egy háztartásban élők összetételét és családban betöltött szerepét. A problémát a háztartások szerkezetének folyamatos alakulása jelenti, rendkívül kevés a párválasztással kapcsolatos információ, ráadásul ennek folyamata annyira komplex, hogy csak nagymértékben egyszerűsített modellekkel van lehetőség a szimulálására. Hasonló a helyzet a nagyobb méretű – nemzetiségi vagy ideológiai alapú – csoportosulások esetén. A keresztmetszeti adatfelvételekből (népszámlálás és mikrocenzus) ismert például a nemzetiségi összetétel, de nagyon kevés az információ az esetleges csoportok közti mozgásokról. Mivel a különböző adatfelvételek esetén nem összekapcsolhatóak az egyedek adatai, nem lehet tudni, hogy egy személy tíz évvel később esetleg más nemzetiségűnek vallotta-e magát, vagy megváltoztatta a vallását. Ezekben az esetekben csak durva becslések alapján lehet scénáriókat felépíteni a csoportok alakulásának modellezéséhez.

Az előrejelzések célja gyakran a gazdasági fenntarthatóság vizsgálata, így szükség van az egyedek jövedelmének és szolgálati idejének nyomon követésére. A jövedelemmel kapcsolatos adatgyűjtések azonban csak alapvető adatokat tartalmaznak az egyedekről, így kizárólag statisztikai adatillesztés (lásd 4.7.1. fejezet) segítségével alakítható ki a jövedelmi viszonyokat is tartalmazó adathalmaz. Egy egyén jövedelmi viszonyának változásai idősoros adatként nyomon követhetőek, de egyéb informá-

ciók birtokában nehezen határozhatók meg az esetleges fizetésemelések, vagy más jövedelemváltozások okai. Alapvetően a magasabb iskolai végzettséggel jó eséllyel magasabb fizetési kategória jár, így az iskolázottság modellezésén keresztül becsülhetők az egyedek karrierútjai. Abban az esetben, ha rendelkezésre állnak részletes egészségügyi adatok, azokból szintén lehet következtetni az egyén jövedelmi helyzetére. Magasabb jövedelemmel és jobb életkörülményekkel jellemzően egészségesebb életmód is párosul, illetve a tehetősebb rétegek sok esetben a magán egészségügyi ellátást preferálják. A jövedelmi viszonyok – és ez alapján a nyugdíjkiadások – alakulása tehát modellezhető az iskolai és egészségügyi adatokra alapozva. Bár Magyarországon az egészségüggyel kapcsolatos adatforrások megbízhatósága kérdéses, egy olyan országban ahol az egészségbiztosítás a privát szférában van, sokkal szigorúbbak az ellenőrzések az adatfelvételek során, így használhatóbbak az adatok.

4.7. Modellezés kapcsolódó adathalmazok

A demográfiai előrejelzések során felhasznált adatok tekintetében elengedhetetlen a hagyományos értelemben vett adattisztítás (pl.: hiányzó adatok kezelése, outlierek kiszűrése). A mikroszimuláció komplexitásából adódóan azonban ennél jelentősen több előkészületre van szükség az adatok terén.

4.7.1. Statisztikai adathozzás

A statisztikai adathozzás (statistical matching) eljárása egyedi azonosítók ismerete nélkül teremti kapcsolatot két adathalmaz között. Gyakran nem létezik az adott mikroszimulációs modellhez szükséges, kellően részletes adatforrás. Ezért több különböző forrásból kell összeállítani a szükséges adathalmazt. Az adatvédelmi törvények miatt általában nem hozzáférhetőek az egyének azonosítására alkalmas adatok, de még ha lehetőség is van a megfelelően részletezett adathalmaz felhasználására, a személyek egyedi azonosítói akkor sem hozzáférhetőek. Így a különböző adathalmazokban nem lehet tudni, hogy melyik adatsor melyiknek felel meg.

A statistical matching egy párosító eljárás, mely az egyik halmaz egyedeihez a megadott tulajdonságok alapján hozzárendel egyet a másik adathalmaz egyedei közül és az első hiányzó tulajdonságait az alapján tölti fel. A népszámlálási adatok

például nem tartalmazzák az egyén kiadásait, de a háztartási statisztikák igen. A népszámlálás egy rekordjához meg lehet keresni a kiválasztott tulajdonságaival (pl.: életkor, nem és legmagasabb iskolai végzettség) megegyező rekordokat a háztartás statisztikából. Egy véletlenszerű, megfelelő egyed kiválasztása segítségével pedig kitölthetők az eredeti egyed kiadásra vonatkozó tulajdonságai. (Csicsman, 1987)

4.7.2. Paraméterek továbbvezetése

A demográfiai előrejelzések során felmerülnek olyan paraméterek, melyek az évek előrehaladtával változnak, a változás oka pedig vagy ismeretlen vagy a modellezéshez túlságosan komplex. Míg a múlttal kapcsolatos paraméterek általában ismertek, a mutatók jövőbeli értékét becsülni kell. A paraméterek alakulása független a választott modelltől, a kohorsz-komponens módszer sztochasztikus változata (Alho, 1990), az ágens modellek és a mikroszimuláció számára egyaránt adott értéként jelenik meg az egyes évek paraméterhalmaza.

A jövőbeli paraméterek meghatározása külön tudományág és elsősorban a demográfusok feladata. Történhet szakértői becslés, historikus adatokon alapuló statisztikai módszerek, illetve a kettő kombinációja alapján. A demográfusok és közgazdászok által megadott becslések előnye, hogy figyelembe tudnak venni nem várt körülményeket (pl.: várható politikai lépések, katasztrófák), míg a historikus adatok alapján történő becslések a viszonylag változatlan körülmények esetén várható lehetséges állapotok egy intervallumát határozzák meg. A két megoldás kombinációjával pedig a vizsgálandó intervallum legvalószínűbb scenárióit térképezhetők fel.

A megfelelő szakértői becslésekhez sok éves demográfiai tapasztalat szükséges, ráadásul a témában szerezhető tudás általában tacit jellegű és nehezen átadható. Jelen dolgozat elsősorban a technológiával támogatott és számokkal alátámasztható becslésekkel foglalkozik, és nem tárgyalja a szakértői becslések témakörét. Ennek ellenére a további fejezetekben bemutatott modellek mindegyikébe egyszerűen beépíthetők a szakértői becslésen alapuló paraméter előrejelzések is.

A historikus adatokon alapuló előrejelzésre több különböző statisztikai módszer áll rendelkezésre. Ide tartozik az egyszerű trend illesztés, a mozgó átlag, vagy a regresszió, de akár mesterséges intelligencián alapuló megoldások is alkalmazhatók. Bár ezek pontos attribútumainak megválasztása is komoly szakértelmet igénylő feladat.

A demográfiai előrejelzések során gyakran előfordul, hogy az egyes paraméterek a személyek tulajdonságainak függvényében jelennek meg a modellben. Ebben az esetben nem egy értéket, hanem egy olyan n -dimenziós mátrixot kell időben továbbvezetni, ahol n a tulajdonságok száma. A mortalitási ráták előrejelzése során a Lee-Carter modell (Lee/Carter, 1992) a leginkább elterjedt módszertan. A modell alapja egy $n + 1$ dimenziós mátrix, melyben az egyetlen tulajdonság az életkor, vagyis $n = 1$, az extra dimenzió pedig az idő. Egy ilyen mátrixban tárolhatók a vizsgált paraméter historikus értékei. A modell lényege, hogy ezt a mátrixot szinguláris érték felbontás segítségével felosztja időfüggő és időtől független vektorokra, majd egy hagyományos statisztikai módszer segítségével előre számítja az időfüggő vektort. Végül az időfüggetlen és az előrejelzett vektor megfelelő összeszorozásával előállnak a mortalitási ráták várható értékei. A Lee-Carter modell általánosítható n dimenzióra és egy elhagyható korrekciós lépés kivételével semmi nem limitálja, hogy kizárólag halálozási valószínűségekre legyen alkalmazható. Tehát ez a módszer, az eredeti formájában is kiválóan alkalmazható más paraméterek (pl.: szülési valószínűségek) előrejelzésére. Egyedül az időfüggő vektor előrejelzési módszerét kell külön hozzáigazítani az éppen vizsgált paraméterhez. A mortalitási ráták esetén ugyanis ez a vektor közel lineáris értéket vesz fel, de egyáltalán nem biztos, hogy más változók is hasonlóan viselkednek.

Fontos megemlíteni, hogy számos tanulmány bírálja az eredeti a Lee-Carter modellt, és ezért az évek során több különböző változata is megjelent. (Wilmoth, 1993; Lee/Miller, 2001; Brouhns/Denuit/Vermunt, 2002) Vékás Péter részletesen foglalkozik halandóság modellezésével és áttekinti a különböző alternatív megoldásokat, és a magyar adatokra nem a Lee-Carter modellt javasolja. (Vékás, 2016) Jelen értekezés azonban nem tér ki a lehetőségek vizsgálatára. Az egyszerűség és átláthatóság érdekében a bemutatott szimulációk paraméterei a Lee-Carter modell segítségével lettek továbbvezetve. A magyar adatok tekintetében a módszer egyes változatai közt nincs lényegi eltérés ezért az eredeti modell lett megvalósítva. (Burka, 2016)

4.7.3. Adatok visszavezetése

A mikroszimuláció megvalósítása során értelemszerűen szükség van egy kiindulási állapotra. A kiinduló populáció felállítása történhet keresztmetszeti és szintetikus megközelítés segítségével. Előbbi esetben a valós populáció egy időpontban vett pillanatnyi állapota (pl.: népszámlálás) a szimuláció alapja. A szintetikus esetben viszont minden egyes egyedet, aki a kiindulási időpontban életben van a születésétől kezdve kell követni. Bizonyos modellek esetén ugyanis szükség lehet az adott egyed historikus adataira is. Az öregségi nyugdíj kiszámításához például ismerni kell az egyed jövedelmét és járulékbefizetéseit a teljes életpályája során. (Spielauer, 2009)

A szintetikus megközelítés megkerülhető egy múltbéli kiinduló adathalmaz felhasználásával. Ebben az esetben a szimulációt nem lehet egyszerűen a saját szabályai szerint futtatni, folyamatosan korrigálni kell a jelen és a kiinduló időpont közt rendelkezésre álló adatgyűjtések alapján. Az évtizedek alatt végbement változásokat azonban gyakorlatilag lehetetlen lekövetni ezzel a megközelítéssel, ezért a kiinduló állapot eloszlásai jelentősen torzíthatják a szimuláció jelennek megfelelő állapotát.

A szintetikus megközelítés során lényegében egy fordított irányú szimuláció valósul meg, melynek során az egyedek egyre fiatalabbak lesznek. Bár ez a megoldás külön erőforrásokat – és fejlesztői munkát – igényel, egyértelműen előnyösebb, mint a keresztmetszeti módszerek. A visszavezetés során minden iterációval egyre kevesebb egyedet kell szimulálni, hiszen nincs szükség a még meg nem születettek kezelésére, ráadásul a legidősebb egyed születési évének elérésével azonnal lezárható a folyamat. A keresztmetszeti visszavezetés esetén nem garantált, hogy volt a legidősebb egyed születési évében megfelelő részletezettségű adatgyűjtés. A szintetikus megközelítés sokkal kevésbé szab korlátokat, és ezért minél részletesebb múltbéli adatokra van szükség a szimuláció során, annál inkább érdemes ezt módszert alkalmazni.

5. fejezet

Mikroszimulációs keretrendszer

A mikroszimulációs módszertant már évtizedek óta használják a demográfiai előrejelzések során (lásd 3.1.3. fejezet). A megvalósításhoz szükséges magas szintű szoftverfejlesztési ismeretek azonban erősen korlátozzák a megoldás alkalmazhatóságát. Amennyiben egy kutatónak (pl.: demográfus, közgazdász) nincsenek számottevő szoftverfejlesztői tapasztalatai, akkor csak szoftverfejlesztő bevonásával lehet képes implementálni a mikroszimuláción alapuló modelljeit.

Az egyes kutatások során tehát jelentős erőforrásokat kell befektetni az adott kérdések megválaszolásához fejlesztett modellekbe. A mikroszimuláción alapuló előrejelzések viszont szignifikánsan komplexebbek más modelleknél (pl.: kohorsz-komponens). A modellek egyes részletei (pl.: paraméterbecslés) is összetett megoldásokat takarnak, és egy ad-hoc jelleggel megvalósított projekt esetén minden ilyen részlet lefejlesztésre kerül. Ha már az építőelemek között is szignifikáns eltérés van, akkor gyakorlatilag lehetetlenné válik két különböző kutatás eredményeinek összehasonlítása. Ezért egy általános, generalizált keret hiányában a mikroszimulációs modellek eredményei a számottevő fejlesztési költségek ellenére nehezen használhatók fel.

Egy általános mikroszimulációs keretrendszer alkalmazása több szempontból hatékonyabb, mint az egyes vizsgálatok külön-külön történő implementálása. A már megvalósult modellekben használt modulok újra felhasználhatóak és egy mások által is használt rendszerben valószínűbb, hogy hamar előkerülnek az esetleges rejtett hibák. A generalizált megoldások egyik legnagyobb hátránya azonban, hogy jelentő-

sen korlátozzák a felhasználókat, hiszen az egyes modulok kódjai bele vannak égetve a rendszerbe. Amennyiben a keretrendszer fejlesztője nem vett figyelembe egy a hatásvizsgálat során felmerülő lehetőséget, annak implementálása csak a forráskód megváltoztatásával lesz lehetséges.

Összességében tehát a mikroszimulációs módszertan a különböző modellek összehasonlíthatóságának hiánya és az implementációs nehézségek következtében szorul háttérbe más előrejelző módszertanokkal szemben. Egy könnyen és gyorsan kezelhető mikroszimulációs keretrendszer viszont képes lehet áthidalni ezeket a problémákat. Az elérhető generalizált megoldások azonban nem elég rugalmasak, ráadásul inkább tekinthetők hasznos funkciók gyűjteményének, mint keretrendszernek (lásd 3.3. fejezet). Ezért jelen fejezetben bemutatásra kerül egy az első fejezetben felvázolt hatásvizsgálatok implementálására – és más kutatók munkájának támogatására – fejlesztett szimulációs keretrendszer és annak tervezési folyamata.

5.1. Keretrendszer tervezése

A mikroszimulációs keretrendszer megvalósítása folyamán az elsődleges cél az újrafelhasználhatóság volt, így minden tervezési lépés ennek a célnak megfelelően történt. A generalizált rendszerek fejlesztése azonban jelentős kezdeti idő- és energiabefektetést igényel, ráadásul az ehhez hasonló projektek ritkán maradnak meg az eredetileg tervezett méretben (Spielauer, 2009). Egy ad-hoc, kizárólag a jelen dolgozatban leírt modellek vizsgálatára szánt rendszer esetén a befektetett erőforrás gyakorlatilag elveszik, ezért a más kutatók által történő felhasználás biztosítása is jelentős szerepet játszott a tervezés folyamán.

Mohácsi a párhuzamos architektúrák alkalmazási területeit vizsgálja, és többek között egy egyszerű demográfiai szimuláció megvalósításán keresztül mutatja be a módszertan lehetőségeit. (Mohácsi, 2014) A jelen értekezés kapcsán megvalósított keretrendszer az általa bemutatott modell továbbfejlesztéséből nőtte ki magát.

5.1.1. Követelmény specifikáció

Egy generalizált mikroszimulációs keretrendszernek mindenképp tartalmaznia kell az alábbi funkciókat:

- Kiinduló adathalmazok, metaadatok és paramétertáblák importálása.
- A modulok megtervezésének és módosításának támogatása.
- Az egyes modulokból felépített modellek reprodukálható módon történő futtatása.
- A futtatások konfigurációjának mentése.
- A futtatások automatikus dokumentálása (logolás).
- Eredmények exportálása.

Mindezekon felül a keretrendszer széles körben történő felhasználását jelentősen elősegíti a következő – az alapvető működéshez nem feltétlenül szükséges – funkciók megléte:

- Felhasználói felület nyelvének kiválasztása.
- A kiinduló adatok és az eredmények integrált elemzése.
- Általánosan használható becslési algoritmusok.
- Közös nyelvezet a közgazdász szakértők és az informatikusok számára.

5.1.2. Megvalósíthatóság

A keretrendszerrel kapcsolatban megfogalmazott célok teljesülése érdekében elengedhetetlen, hogy a megoldás egyszerre legyen rugalmas, gyors és könnyen kezelhető. Ezek a feltételek azonban egymással szemben állnak, és az egyik megfelelő teljesítése általában csak a másik kettő rovására történhet meg. A keretrendszer megvalósításának alapja a három követelmény közti egyensúly megtalálása volt oly módon, hogy a megoldás erőforrás szükséglete ne akadályozza a felhasználást.

A **rugalmasság** biztosítása értelemszerűen elengedhetetlen egy alapvetően generalizált keretrendszer esetén. Felmerül viszont a kérdés, hogy milyen mértékben van lehetőség az egyes modellek felépítésére. A legegyszerűbb megközelítés egy széleskörűen konfigurálható, de alapjaiban statikus modell, mely nem engedi a felhasználót belenyúlni a szimuláció mechanikájába. Ennél nagyobb szabadságot nyújt

egy moduláris modell, melyben az egyes modulok (születés halálozás, stb.) külön konfigurálhatóak, és az interakcióik is külön állíthatóak be. A leginkább rugalmas megoldás azonban egy magas szintű programozási nyelv, melyben a teljes szimulációt a felhasználó építheti fel és ebben csak támogatják őt az előre megvalósított segéd-függvények. Természetesen minél nagyobb szabadságot nyújt a keretrendszer annál komolyabb szoftverfejlesztői képességeket igényel a kezelése a felhasználó részéről.

A kész szimuláció **gyorsaságát** szintén jelentősen befolyásolhatják a felhasználó fejlesztői ismeretei. A magyar példa esetén a demográfiai előrejelzés során egy közel tízmilliós egyedszámú szimuláció fut le, melyben minden egyes iteráció közben különböző műveletek történnek az egyedekkel. Ebben a méretben egy egy mikroszekundumos művelet – amit minden egyes egyed esetén végre kell hajtani – is 500 másodperccel hosszabbítja meg a futási időt. Tehát a fejlesztés során rendkívül körütekintően kell eljárni, különben könnyen előfordulhat, hogy csak több nap alatt fut le egy-egy szimuláció. A mikroszimuláció projektív jellege (lásd 3.1.3. fejezet) miatt azonban az elsődleges cél a különböző scenáriók hatásvizsgálatainak összehasonlítása, azaz több különböző konfiguráció futtatása. A futtatások száma miatt még nagyobb súlya van a sebességnek, hiszen a megfelelő módon fejlesztett rendszer nagyságrendekkel gyorsabb lehet és hetek helyett órákban mérhető a futási ideje.

A **könnyű kezelhetőség** – azon felül, hogy megkönnyíti a jelen dolgozatban vizsgált modellek implementálását – lehetővé teszi a keretrendszer más kutatók és demográfusok által történő felhasználását. Egy generalizált rendszer fejlesztése magától értetődően bonyolultabb feladat, mint egy specializált, az adott célra fejlesztett megoldásé. Minél rugalmasabb a rendszer és minél több szabadságot kap a felhasználó, annál nehezebb elfogadható korlátok között tartani az egyes szimulációk futási idejét. Ráadásul a külső felhasználók bevonása egyéb fejlesztési erőforrásokat igényel, hiszen szükség van egy intuitív, könnyen átlátható kezelő felületre, megfelelő és folyamatosan frissített dokumentációra, illetve súgó funkciókra is.

A három követelmény együttes teljesítése és kiegyensúlyozása szükséges ahhoz, hogy a keretrendszer eleget tegyen a korábban leírt elvárásoknak. A legnagyobb problémát az jelenti, hogy a szoftverfejlesztésben kevésbé jártas felhasználóktól nem várható el a megfelelő sebesség biztosítása a modellek tervezése során. Egy demográfiai szimuláció implementálásakor a technológiai szempontból legnagyobb kihívást jelentő részek az iterációt kezelő modulok – mivel ezeket érdemes párhuzamosítani –

és ezekhez kapcsolódóan a szimuláció azon elemei, melyek során új egyedek jönnek létre vagy törölődnek. A keretrendszer ezért ezeknek a funkcióknak a megvalósítását megoldja a háttérben és csak a szoftverfejlesztési szempontból egyszerű, az egyes egyedek tulajdonságainak változásáért felelős, az iterációs lépések során végrehajtandó algoritmust bízta a felhasználóra.

Az iterációs lépés algoritmusának felépítésére egy – a fiatalok programozás oktatásában használt megoldásokhoz (pl.: Scratch, Google Blockly) hasonló – grafikus programozási felület áll rendelkezésre a rendszeren belül. Ezen a felületen egyszerű, az alap konfigurációknak megfelelő blokkok jelennek meg, melyekből felépíthető az iterációs lépés során futtatandó algoritmus. Az egyes blokkok gyakran rendkívül komplex program kódokat rejtenek el a felhasználó elől. A szimuláció indításakor a keretrendszer az összeállított algoritmus alapján, futási időben felépíti a szimuláció kódját, lefordítja és futtatja azt. Ezzel a megközelítéssel a rendszer rugalmas marad, hiszen a modell szempontjából releváns iterációs lépések gyakorlatilag korlátlanul módosíthatóak, mégis egy egyszerű procedurális kód megírása elegendő az implementáláshoz. Mindeközben a modell maga párhuzamos architektúrán fut – ráadásul a futási időben történő kód generálás lehetővé teszi a logikai ellenőrzések jelentős részének eltávolítását – tovább gyorsítva ezzel a szimulációt.

Egy alapvetően párhuzamosított rendszer futási ideje könnyen javítható számítógép klaszterek vagy felhő szolgáltatásokkal biztosított virtuális gépek segítségével. Ezek alkalmazása azonban szignifikáns költséget jelenthet a felhasználó számára, ráadásul a használatukhoz szükséges ismeretek túlmutatnak a szoftverfejlesztésben kevésbé jártas felhasználók tudásán. A tervezett keretrendszer célja a könnyű kezelhetőség, ezért jelen értekezés az átlag felhasználó számára rendelkezésre álló eszközökön való alkalmazásra fókuszál és nem veszi figyelembe a jelentős erőforrásokat igénylő alternatívákat.

5.1.3. Mikromodulok

A mikroszimulációs vagy ágens alapú modellek esetén a moduláris felépítés alkalmazása jellemző. A közgazdasági szempontból egy funkciót (pl.: migráció, karrier) megvalósító megoldások csoportját szokás mikromodulnak nevezni. A mikromodu-

lok (továbbiakban modulok) a modell logikailag elkülönülő részei, így szükség esetén ki- és bekapcsolhatók és a futtatási sorrendjük is tetszőlegesen változtatható.

A szimulációs keretrendszerben a fejlesztői lehetőségek kialakítása miatt a modulok két fajtája különböztethető meg. A rendszerbe beépített modulok azok, amelyek a szimuláció során létrehoznak vagy törölnek egyedeket. Minden más a felhasználó által a modellhez hozzáadott modul csak az egyedek – illetve a velük kapcsolatban levő társaik – tulajdonságait befolyásolja. A keretrendszer nem követeli meg a felhasználó által megvalósított elemek moduláris felépítését, a beépített részek azonban jól elkülöníthetőek.

A **halálozás** implementálása az egyik legegyszerűbb funkció. A keretrendszerben az egyedek egy logikai tulajdonsága jelzi, hogy az adott egyed életben van-e, tehát a szimuláció során egyetlen egyed sem törlődik ténylegesen. Ez a megközelítés jelentősen megnöveli a keretrendszer erőforrás igényét, hiszen már egy 50 éves szimuláció esetén is közel a duplájára nő a memóriában tárolt egyedek száma. Az elhunytak adatainak tárolása azonban elengedhetetlen, hiszen bizonyos demográfiai, illetve nyugdíjjal kapcsolatos folyamatok modellezése során szükség lehet rájuk. Ilyen eset lehet például a halálozási valószínűség megállapítása során a rokonok körtörténete, vagy az özvegyi nyugdíj kiszámítása esetén az elhunyt múltbéli jövedelmi helyzete. Ezen felül az elhunyt egyedek tárolása megkönnyíti a populáció kezelését az algoritmus párhuzamosítása során (lásd 5.3.1. fejezet).

Ehhez képest a **születés** kezelése meglehetősen komplex feladat, hiszen a születés esetén nem elegendő egyetlen változó átállítása, egy teljesen új egyed létrehozására van szükség. Az újszülött egyedek tulajdonságait pedig részben a szülők tulajdonságai, részben külső paraméterek alapján kell beállítani. A gyermek például ugyanabban a megyében fog lakni, mint a szülei, a gyermek nemét pedig a korábbi évek statisztikai valószínűsége fogja eldönteni. A keretrendszerben egy az iterációs lépés beállításához hasonló grafikus programozási felület ad lehetőséget a gyermek tulajdonságainak beállítására. Ez a megoldás lehetővé teszi a felhasználónak, hogy korlátozások nélkül, feltételekhez kötötten konfigurálja az újszülöttek jellemzőit. Az így összeállított születéssel kapcsolatos algoritmus pedig egyetlen – előre legyártott – blokk segítségével hívható meg az iterációs lépés felületéről.

A **migráció és népmozgalom** a modell szempontjából lényegében a halálozás és a születés speciális változata. A kivándorlás esetén kezelhető a kivándorló

egyed egyszerűen halottként, de ha a felhasználó lehetőséget akar adni az emigrált egyed későbbi visszaköltöztetésére, akkor egy új logikai tulajdonság bevezetése szintén megoldja a problémát. A bevándorlás pedig a születéssel teljesen megegyező módon kezelhető. Egy külön felületen a felhasználó beállíthatja a bevándorló tulajdonságait. A gyakorlatban erre két megoldást alkalmaznak: vagy az aktuális populációból az egyik – adott szabályoknak megfelelően kiválasztott – egyed „klónja” lesz a bevándorló, vagy egy előre legenerált bevándorló egyed halmazból választ az algoritmus véletlenszerűen. Az implementált megoldás mindkét változatra lehetőséget biztosít a felhasználó számára, és a menüpontok számának csökkentése érdekében, illetve a két esemény hasonlósága miatt a születés és a bevándorlás kezelése egy közös algoritmus szerkesztőn keresztül történik, melyen belül egy elágazás dönti el, hogy az adott kódrészlet melyik esetre vonatkozik.

A párválasztások és a kapcsolatok jelentős hatással vannak az egyedek életére és a közös életvitel szimulációja olyan viselkedésekkel bővítheti a modelleket, melyeknek nem lenne értelme az egyének szintjén. Egy háziasszonynak például lehetséges, hogy nincs semmilyen jövedelemforrása, de a jól kereső házastársa miatt rendkívül jók az életkörülményei. Az ehhez hasonló helyzetek kezelése miatt – amennyiben egy modell tartalmaz emberi kapcsolatokat – elengedhetetlen a közös életvitelt folytató egyedek egy csoportba sorolása és a csoport szintjén történő tulajdonságaik vezetése.

A **háztartások** vagy családok (továbbiakban háztartások) kezelése jelentősen eltér a fent leírt három modultól, hiszen a velük kapcsolatos műveletek során nem jönnek létre és nem is törölődnek egyedek. A keretrendszer szempontjából azonban maguk a háztartások is olyan objektumként jelennek meg, melyek halmaza az egyedekhez hasonlóan az iterációk során változik. A háztartások a gazdasági szempontból együtt élő személyek csoportjait foglalják egybe. Összetételük folyamatosan változik a születés, a halálozás és a migráció következtében, de az egyedek egyszerűen be is léphetnek az egyes háztartásokba (pl.: összeköltözés) vagy el is hagyhatják azokat (pl.: válás, kiválás). A keretrendszer ezeket az utóbbi műveleteket minden esetben oly módon kezeli, hogy teljesen új háztartást hoz létre. A kiválás esetén a távozó egyed kap új háztartást. Az összevonás esetén sem az egyik fél kerül be a másik meglévő háztartásba, hanem egy teljesen új háztartás jön létre, ami szükség esetén átveszi az előző kettő megfelelő tulajdonságait. Az ilyen jellegű mozgítás esetén az egyeddel gyakran együtt mozog a háztartás többi tagja, vagy azok egy része

(pl.: gyerekek a szülővel együtt költöznek). Ennek következtében csak az utolsó tag „kihalásával” szűnhet csak meg egy háztartás.

Az új háztartás létrehozása során végbemenő változások algoritmusát a felhasználó egy külön – a születésekéhez hasonló – grafikus programozási felületen építheti fel. A ki- és belépések pedig az iterációs lépésből történő függvényhívásokkal valósíthatók meg. A háztartások kezelése rendkívül erőforrás igényes feladat (lásd 5.3.3. fejezet) ezért a megszűnt háztartások egyszerűen törlődnek. Emellett a háztartás modul az egyetlen, mely teljes egészében kikapcsolható, hiszen szemben az előző modulokkal, ez a megközelítés egy külön háztartás statisztikát is igényel a modell kezdő állapotának felállítása során, melynek hiánya nem szabad, hogy megakadályozza a háztartásoktól független futtatást.

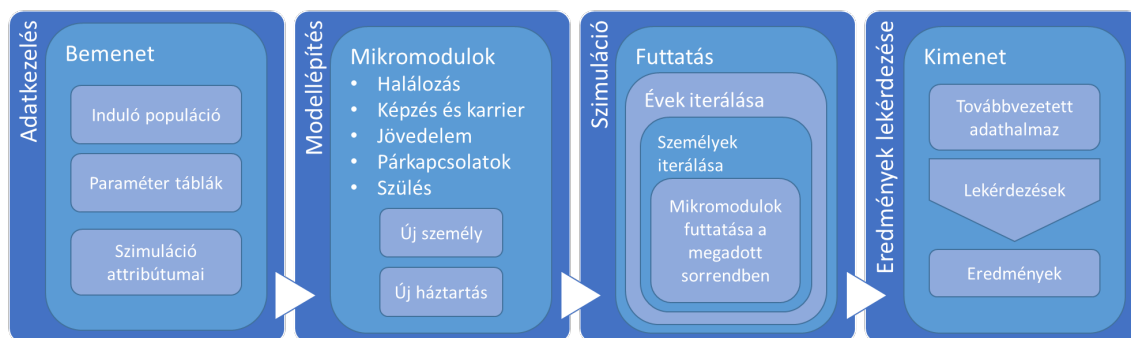
A keretrendszerbe beépített kész modulok olyan funkciókat valósítanak meg a lehető leginkább erőforrás takarékos módon, melyek elengedhetetlenek a mikroszimuláció implementálása során. Minden egyes modul csak a minimális funkciókat valósítja meg és a részletes konfigurációt a felhasználóra bízta. A háztartás modul tartalmazza a legtöbb megkötést, de fontos megjegyezni, hogy a háztartások külön kezelése nem feltétlenül szükséges része egy modellnek. A gyermekek száma például egyszerű tulajdonságként is szerepelhet az egyes egyének esetén anélkül, hogy ismert lenne, pontosan kik is a gyermekei. A háztartások bevezetése persze sokkal pontosabb és részletesebb projekciót tesz lehetővé, azonban még a megkötések ellenére is jelentős többlet erőforrást igényel. A háztartások modul bekapcsolása jellemzően 100-150 százalékkal növeli meg a szimuláció futási idejét, ezért csak abban az esetben érdemes alkalmazni, ha a vizsgált modell jellege ezt feltétlenül megkívánja.

5.2. A megvalósított keretrendszer, a Simulation Framework bemutatása

A modellek implementálásához megvalósított keretrendszer a Simulation Framework nevet kapta. Elsősorban C# nyelven íródott de a felhasználói interfész JavaScript alapú. A kettő közti kommunikáció, illetve az aktuális modell mentése pedig JSON formátumban történik. A szoftver aktuális verziója bárki számára hozzáférhető a GitHub-on ([dburka001/SimulationFramework](https://github.com/dburka001/SimulationFramework)). A szoftver fejlesztése, az esetleges

hibajavítás és a dokumentáció frissítése jelen értekezés megjelenése után is folytatódik annak reményében, hogy mások is fel tudják használni a keretrendszert a munkájuk során.

A keretrendszer alapvetően három fő részből áll: adatkezelő rész, algoritmus építő rész és eredményeket kezelő rész (10. ábra). Egy modell felépítése során a program sorban végigvezeti a felhasználót ezeken a részekben. Nincs lehetőség az egyes menüpontok között való ugrálásra, mivel azok a megfelelő sorrendben épülnek egymásra, így az egyik kihagyása ellehetetlenítené a további funkciók működését.



10. ábra. Mikroszimuláción alapuló előrejelzés folyamatábrája

5.2.1. Adatkezelés

A mikroszimuláció megvalósításához szükség van az egyedek induló tulajdonságainak és a modell paramétereinek feltöltésére (lásd 4.1. fejezet). Az induló tulajdonságok egyszerű táblázatos formában adhatók meg, melyben az egyes sorok jelölik az egyedet, az oszlopok pedig a tulajdonságaikat. A keretrendszer egy csv (Comma Separated Value) formátumú fájlt vár bemenetként, és ebből olvassa fel a megfelelő adatokat (11. ábra). Ennek a fájl típusnak az előnye, hogy rendkívül egyszerű és bármely táblázatszerkesztő szoftverrel (pl.: MS Excel) könnyen kezelhető.

	A	B	C	D	E	F	G
1	CSOPORT	AKTIV	SNEME	SZKOR	VEGZ	GYERSZ	SULY
2	0	2011	1	2010	0	0	162
3	0	2011	1	2009	0	0	162
4	0	2011	1	2008	0	0	162
5	0	2011	1	2007	0	0	162
6	0	2011	1	2006	0	0	165
7	0	2011	1	2005	0	0	165
8	...						

11. ábra. Induló populáció adatainak tárolása

Az induló populáció tulajdonságaitól különböző adatok megadására egy MS Excel fájl segítségével van lehetőség (12. ábra). A fájl bármely lapjának bármely cellájába elhelyezhetők az ábrán látható táblázatok. A **meta** címke alatt az induló populáció mezőinek könnyen értelmezhető nevei szerepelnek, míg a **lista** pedig a modellben használt nómenklatúrákat építi fel. Ez a két táblázat típus kizárólag arra szolgál, hogy a modellezési felületet könnyen értelmezhetővé tegye. A **tábla** blokkok adnak lehetőséget a külső paraméterhalmazok megadására. Egy tábla utolsó oszlopa egy tetszőleges méretű mátrixot tárol vektorizált formában, az ezt megelőző oszlopok pedig azt tárolják, hogy melyik dimenzióhoz tartozik az adott érték. A keretrendszer nem tartalmaz beépített funkciót a paraméterek továbbvezetésére (lásd 4.7.2. fejezet), ezért a külső megoldásokkal előre vezetett értékeket is ezzel a módszerrel importálhatja a felhasználó.

Meta:		Lista:Végzettség	
CSOPORT	Társadalmi csoport	Általános iskola 0-7. osztálya	0
SZKOR	Születési év	Befejezett általános iskola (8. osztály)	1
SNEME	Nem	Befejezett szakmunkásképző iskola, szakiskola	2
VEGZ	Legmagasabb végzettség	Befejezett középiskola	3
...		Befejezett felsőfokú iskola	4

Tábla:Mortalitás				Tábla:Fertilitás				
Év	Nem	Életkor	P	Év	Korcsopor	AnyaVégz	Gyermeke	P
2005	1	0	0,007204	2005	0	0	0	0
2005	2	0	0,005455	2005	1	0	0	0,0179
2005	1	1	0,00066	2005	2	0	0	0,021
2005	2	1	0,00033	2005	3	0	0	0,005
2005	1	2	0,00041	2005	4	0	0	0
...				...				

12. ábra. Paraméterek megadása

A bemeneti fájlakon túl, űrlapok segítik a felhasználót az aktuális modell beállításában. Külön űrlapon adhatók meg szimuláció főbb paraméterei (pl.: indulás éve, szimuláció időtartama), beállíthatóak az egyedek és a háztartások tulajdonságai, a modellel kapcsolatos konstans értékek és a párválasztás paraméterei (lásd 5.3.3. fejezet). A modellben szereplő személyeknek tetszőleges számú és típusú tulajdonsága adható meg. A legtöbb tulajdonság alapértékeit a korábban, a csv fájlban megadott induló adatok határozzák meg (13. ábra), de előfordulnak olyanok is, melyekhez nem tartozik kiinduló érték. Ilyen például a kizárólag az eredmények korfában történő megjelenítését támogató „Korcsopor” attribútum, mely minden évben újra számolódik.

A konstansok kezelése különleges, mivel egyetlen érték helyett egy vektorként értékek egész halmaza is megadható az egyes – a modell szempontjából konstans – változókhoz. A keretrendszer az így megadott konstansok összes létező kombinációjára automatikusan futtat egy-egy szimulációt. A konstansok alkalmazhatóak szorzóként, vagy egyszerű kapcsolóként, melyek a korábban megadott mátrixok közül választanak, és így fedik le a vizsgálni kívánt különböző szcenáriókat. Az induló populáció legyártása erőforrás igényes feladat, de több különböző szcenárió vizsgálata esetén a kész induló populáció a memóriában tartható, és új szimuláció esetén egy egyszerű másolással újra alkotható. Több modell futtatása esetén ez a megoldás szignifikánsan csökkenti a teljes futási időt.

Simulation Framework Settings

BASIC SETTINGS PERSON FIELDS CONSTANTS

ADD NEW

Name	Type	Default Value	Default data field
SzületésiÉv	Int	0	Születési év (SZKOR)
Nem	Int	0	Nem (SNAME)
Végzettség	Int	0	Legmagasabb végzettség (VEGZ)

Load Save < >

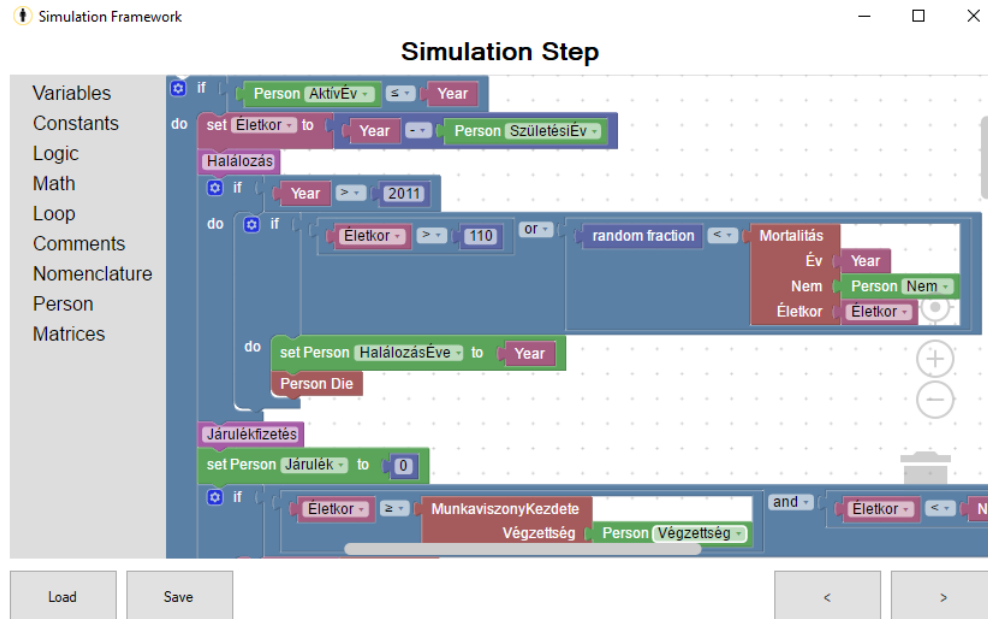
13. ábra. Személyek tulajdonságainak beállítása

5.2.2. Modellépítés

A modell felépítéséhez egy grafikus programozási felület áll a felhasználó rendelkezésére, melyben egyszerű, procedurális algoritmusokat építhet fel. A felület a Google Blockly nyílt forráskódján alapul, de nagyon hasonló a szélesebb körben ismert Scratch nevű szoftverhez, mely kiválóan alkalmas gyermekek programozás oktatására. A blokk-programozás nagyon könnyen és gyorsan tanulható és jól átlátható megoldás, mely rövid gyakorlás után egy a szoftverfejlesztésben nem jártas felhasználó számára is egyszerűen kezelhető.

A Simulation Framework modellépítő felülete az alapadatok beállítása után érhető el (14. ábra). Az ábra bal oldalán látható sávban találhatóak az építő elemek kategóriái, melyek mindegyike több blokkot tartalmaz. A legtöbb blokk alap algoritmus elemeknek felel meg (pl.: logikai műveletek, matematikai elemek, változók kezelése), de vannak speciálisan az adott modellhez kapcsolódó blokkok is. Az adatbevitel során készített nomenklatúrák és mátrixok mindegyikéhez saját blokkot hoz létre a keretrendszer, melyek a bal oldali sáv megfelelő menüpontjában érhetők el. Az ábrán látható példában a halálozási valószínűségek előre lettek vezetve a Lee-Carter módszer segítségével (lásd 4.7.2. fejezet) és a valószínűségek életkor és nem

szerinti bontásban adottak. Az ennek megfelelően létrehozott blokknak meg kell adni az adott évet, az egyed életkorát és nemét, és visszaadja a megfelelő valószínűséget, ami egy véletlen szám generátor eredményével összehasonlítva eldönti, hogy az adott egyed életben marad-e az iteráció során. A példában a nem egy nómenklatúraként szerepel, de a háttérben a keretrendszer a szokásos (1 - Férfi, 2 - Nő) jelölést követi.



14. ábra. Blokkprogramozási felület

A blokkok maguk JavaScriptben kerültek megvalósításra, de mindegyikhez tartozik egy megfelelő C# kód is. Ezeket a kódokat használja fel a keretrendszer a szimuláció indítása során, felépíti belőlük a teljes programkódot, majd lefuttatja azt. Az egyes blokkok mögött gyakran sokkal komplexebb algoritmus rejlik, mint, ami a felhasználó számára megjelenik. A blokkok kezelik a típuskonverziókat, a párhuzamosított architektúra kihívásait, a megfelelő sebességű metódus hívásokat és tulajdonság lekérdezéseket. A mátrixok használata során például fontos odafigyelni a bemeneti változók típusára, mivel a C# erősen típusos nyelv. A megfelelő konverziók és ellenőrzések megtörténnek a háttérben. A keretrendszer a lehető legtöbb támogatást adja a felhasználó számára, de ennek ellenére előfordulhatnak hibák az összeállított programban. A szintaktikai hibákat a keretrendszer kiszűri és nem

engedi továbblépni a felhasználót, amíg nincsenek kijavítva. A futtatás közben felmerülő hibákat a keretrendszer a lefordított programkóddal együtt naplózza. Ez lehetőséget adhat a hibák kezelésére, bár a kapott naplófájl értelmezése már valószínűleg komolyabb szoftverfejlesztői ismereteket igényel.

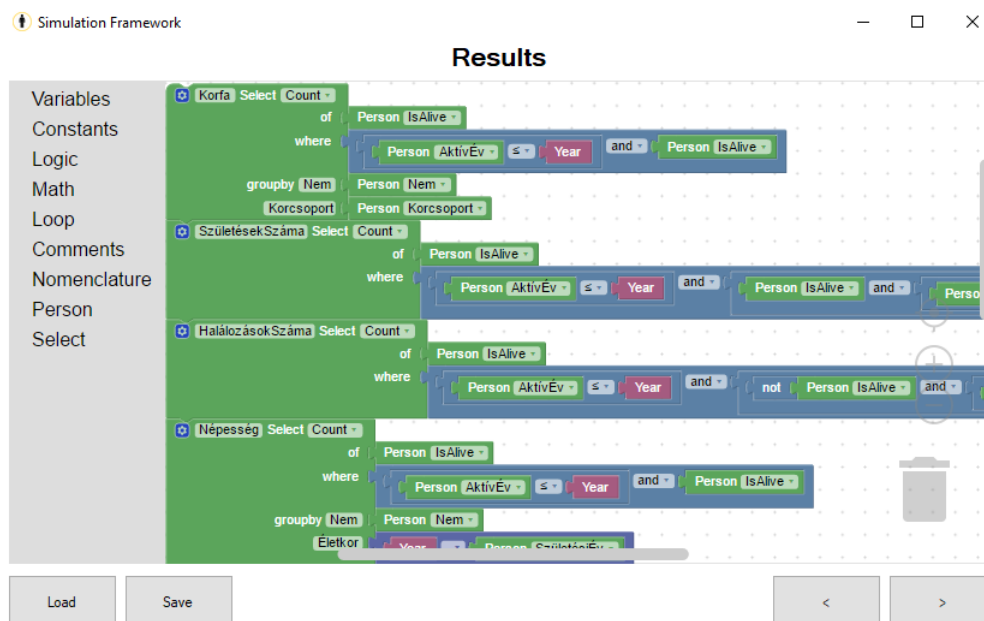
A fő modellépítő felületen kívül a keretrendszer még tartalmaz két másik hasonló felületet, melyek csak a felhasználható blokkokban és blokk kategóriákban térnek el egymástól. Az első a gyermekszületéssel és bevándorlással kapcsolatos felület. A két eset azért van összekapcsolva, mert csak ezek az események járnak új egyed létrehozásával így technikai szempontból nagyon hasonlóak. A felület csak abban az esetben jelenik meg, ha az iterációs lépés algoritmusában szerepel születés vagy bevándorlás. Itt annak eldöntése után, hogy melyik függvényből történt a felület algoritmusának hívása, beállíthatók az új egyed tulajdonságai, illetve a létrehozásával kapcsolatos algoritmusok. A másik különálló felület szintén egy objektum, a háztartások létrehozásával kapcsolatos. Ez a felület csak akkor jelenik meg, ha a háztartás modul be van kapcsolva és az iterációs lépésben meghívásra kerül olyan függvény, mely új háztartás létrehozásával jár. A háztartás felületén beállíthatók a háztartás szintű változók illetve a háztartásba kerülő egyedek tulajdonságai annak alapján, hogy milyen módon kerültek a háztartásba. Ezen a ponton az is megadható, hogy az egyed előző háztartásából mely egyedek tartanak vele (pl.: gyermekek).

5.2.3. Eredmények lekérdezése

A mikroszimuláció során nagy mennyiségű adat keletkezik. Olyan részletes adathalmazok jönnek létre, melyeknek megfelelőt csak ismételt, jövőbeli adatgyűjtések során lehetne előállítani. A közel 10 milliós magyar népesség 50 éves projekciója esetén, ha minden egyed tulajdonságai körülbelül 100 byte memóriát igényelnek, akkor az összes iteráció adatainak tárolásához közel 48 GB tárhely szükséges. Egy átlagos személyi számítógép esetén ez a mennyiség 10 szimuláció után megtöltené a merevlemezt. Emiatt a keretrendszer lehetőséget biztosít arra, hogy a felhasználó csak a számára releváns, összegzett tulajdonságokat mentse le.

A modell algoritmus felépítése után a felhasználót egy újabb grafikus programozási felület fogadja, ám eme felület blokk kategóriái jelentősen eltérnek a korábbiaktól. Ez a felület lényegében az SQL (Structured Query Language) nyelvhez hasonló

lekérdezések megvalósításában nyújt segítséget (15. ábra). Az itt megvalósított lekérdezések minden egyes iteráció végén lefutnak, az eredményeik pedig mentésre kerülnek.



15. ábra. Eredmények lekérdezése

A lekérdezés szerkesztő menü után futtatható a szimuláció. A futtatás során a felhasználó folyamatosan tájékoztatást kap a szimuláció aktuális állapotáról. A szimuláció végén egy csv-hez hasonló formátumba menthetők el a lekérdezések eredményei. A keretrendszer ezután lehetőség nyújt néhány alapvető kiértékelés megjelenítésére. Ide tartoznak a születések, a halálozások és a populáció lélekszámának alakulása, illetve a korfa. Egy generalizált megjelenítő funkció megvalósítása rendkívül bonyolult feladat, figyelembe véve a lehetséges modellek komplexitását és a felhasználók eltérő igényeit. Emiatt a keretrendszernek nem célja ennek a funkciónak a biztosítása, a megvalósított megjelenítők csak a szimuláció végén történő gyors ellenőrzéseket hivatottak elősegíteni. A lekérdezésekből készített kimeneti fájl azonban kiválóan alkalmas az erre a célra fejlesztett (pl.: MS Excel, MatLab) szoftverekben történő feldolgozásra.

5.3. A keretrendszerrel kapcsolatos technológiai kihívások

Egy generalizált, demográfiai előrejelzésre alkalmas, mikroszimulációs keretrendszer fejlesztése során gyakran merülnek fel technológia szempontból jelentős kihívások. Ezek kezelésének ismerete segíthet jobban megérteni a tervezés és a fejlesztés során hozott döntéseket, illetve a keretrendszer korlátait.

5.3.1. Párhuzamos architektúra

A párhuzamosítás megoldására nem létezik egyértelmű módszer, az adott probléma jellege alapján dől el, hogy milyen jellegű megközelítés alkalmazható. A legrégebbi megközelítés a szerelőszalag (pipeline) architektúra alkalmazása. A gépi utasítások végrehajtása beolvasás, dekódolás, végrehajtás és visszaírás szakaszból áll. A szakaszok mindegyike egy órajelütemet vesz igénybe. Az egymás után következő utasítások végrehajtása során, amint az első utasítás beolvasása megtörtént és elkezdődik a dekódolás, azonnal elkezdődhet a következő utasítás beolvasása. Így egyszerre négy utasítás végrehajtás történhet meg egymással párhuzamosan, kissé eltolva. Az elágazások esetén azonban megszakad a folyamat, és bár különböző módszerekkel részben orvosolható ez a probléma, a szerelőszalagokkal elérhető sebesség növekedés erősen korlátos.

Ma már minden általános célú processzor több maggal rendelkezik. A programok egyszerre több szálát (thread) is indíthatnak, melyeket az operációs rendszer oszt szét a magok között. A tervezés során fontos odafigyelni arra, hogy a szálak lehetőleg ne próbáljanak ugyanahhoz a változóhoz hozzáférni. Szükség esetén a használt változó zárolt (lockolt) állapotba tehető, de ilyenkor a változót szintén használni kívánó másik szál futását meg kell szakítani, amíg az előző szál nem végez, jelentősen csökkentve a párhuzamosítással elért gyorsítás mértékét. Ráadásul könnyen úgynevezett deadlock alakulhat ki, melynek során egyes szálak körkörösén egymásra várnak, ezzel teljes mértékben megakasztva a program futását. Lehetőség van a magok számánál több szál elindítására, de ebben az esetben a többi szálnak várakoznia kell, egy lock miatt várakozó szál helyett azonban elindulhat egy másik várakozó. A szálak közti váltogatás időkölsége azonban viszonylag magas, ezért

érdemes elkerülni. A többszálú párhuzamosítás során, ha nincs függőség a szálak között, akkor a magok számával közel arányos gyorsulás is elérhető.

A pipeline és a többszálú megközelítésen kívül elterjedt módszerek mindegyike valamilyen nem hagyományos hardver elemet is igényel, ezért ezek a megoldások jelentősen megnehezítenék a keretrendszer széles körű felhasználását. Az FPGA (Field Programmable Gate Array) egy nagyszámú logikai blokkot tartalmazó integrált áramkör. Lényegében egy hardverbe fordított szoftver, melynek megvalósítása inkább mérnöki, mint programozói feladat. A keretrendszer rugalmassági követelménye miatt azonban ez a megközelítés nem járható út. A GPU (Graphics Processing Unit) által támogatott párhuzamosítás szintén kisebb hardver problémákba ütközik, hiszen a kutatási célokra szánt gépek általában nem tartalmazzak ilyen feladatra alkalmas grafikus kártyát. A GPU elsősorban a mátrix szorzási műveleteket tudja jelentős mértékben felgyorsítani, de a logikai elágazások esetén az egyes adatfeldolgozó elemeknek várakoznia kell, és így jelentősen csökken az elérhető gyorsítás. A mikroszimuláció általában nagy mennyiségű logikai vizsgálatot tartalmaz és elenyésző mértékben van szükség nagyobb mátrixok szorzására. Ennek következtében a GPU párhuzamosítás nem alkalmas a feladatra.

A többszálú megközelítés egyfajta kibővítése a számítógép klaszterek alkalmazása. Ebben az esetben az adatfeldolgozó egység több, nagy sebességű hálózat segítségével összekötött számítógép hálózatból áll. Így lényegében a megszokott 4-8 processzor mag helyett akár több, mint 100 maggal is gazdálkodhat a szoftver. A nagy sebességű hálózat természetesen valamivel lassabb, mint az egy gépben levő magokat összekötő buszok, de a magok számának növekedése még így is jelentősen gyorsíthatja a szimulációt. Mivel egy ilyen hálózat nem elérhető a legtöbb kutató számára, a dolgozat a továbbiakban az egy gépen történő futtatások elemzésére koncentrál, de a keretrendszer tökéletesen alkalmas a számítógép klaszteren való felhasználásra is. (Mohácsi, 2014)

A keretrendszer tervezése során tehát a legelterjedtebb megközelítéseket figyelembe véve a többszálú architektúra bizonyult a legmegfelelőbbnek. A szimulációk iterációi szekvenciálisan következnek egymás után, de az iterációk során minden egyes egyed külön programszálat kap. Így egyszerre közel 10 millió szál indul el, melyek nagy része várakozik, amíg a processzormagok foglaltak. (A szálak magas száma ezért lehetővé teszi a számítógép klaszterek alkalmazását is.) Az egyes iterá-

ciók során az egyénhez tartozó programkód kizárólag az egyén saját tulajdonságait változtathatja meg, bár ehhez gyakran más egyének tulajdonságainak ismerete is szükséges. A többszálú kód esetén elsősorban a változók írása jelent problémát, az olvasás nem. Pontosan ez az oka, hogy a párhuzamos architektúra fő nehézségei a mikroszimuláció változó egyedhalmazából adódnak. A halálozás és a születés, illetve ezekkel megegyező módon a migráció, valamint a háztartások implementálása során az egyes szálak ugyanazokat a tároló változókat (pl.: tömbök, listák) próbálják meg módosítani. A halálozások esetén az elhunyt egyén törlése jelentené az adatmódosítást, de a demográfiai vizsgálatokhoz szükség lehet az elhunytak tárolására, így elég csak az egyed élő tulajdonságát megváltoztatni. A születések esetén bonyolultabb a helyzet, hiszen az újszülötteket nem lehet egyszerűen hozzáadni a teljes populációt tároló listához egészen addig, míg az adott iteráció összes szála le nem futott. Ennek kezelése érdekében a keretrendszer az újszülötteket egy az iteráció idejére létrehozott, ideiglenes, úgynevezett szálbiztos (threadsafe) listába gyűjti. Ezek a listák különböző algoritmusok segítségével biztosítják, hogy a listához való hozzáadás csak elenyésző mértékben növelje az időkötségeket. Az iteráció végeztével ezt a listát végigolvasva az újszülöttek egy szekvenciális kód segítségével átíródnak a populációs listába. A szálbiztos listából történő olvasás jelentősen lassabb, mint a normál lista használata, de még az átírással együtt is hatékonyabb ez a megközelítés, mint egy szálbiztos populációs lista alkalmazása. A migráció és a háztartások kezelése hasonló módon történik azzal a különbséggel, hogy a megszűnt háztartások a technikai jellegük miatt ténylegesen törlődnek. A törlendő háztartások is egy szálbiztos listába kerülnek az iteráció során, és utána egyszerre lesznek eltávolítva.

A szimulációk visszacsatolásainak kezelése szintén komoly kihívást jelenthet a párhuzamosítás szempontjából. A fő problémát az okozza, hogy az iterációs lépések felépítése kapcsán nem lehet korlátozni a felhasználót abban, hogy véletlenül körkörös hivatkozásokat alakítson ki. Ennek elkerülése érdekében a keretrendszer a visszacsatolásokat csak időben eltolva engedi megvalósítani. Tehát a rendszer vagy csoport szintű mutatók értékei csak az aktuális iterációt megelőző időszakokból érhetők el. Ez a megközelítés némi korlátozást jelent, viszont így a felhasználónak nem kell odafigyelnie az ezzel kapcsolatos logikai problémák kezelésére és a fent leírt párhuzamosítási megoldás továbbra is működőképes marad.

5.3.2. Determinisztikus véletlen szám generálás

A modellek és maga a keretrendszer tesztelése során egyaránt merülnek fel technikai és logikai jellegű hibák is. Ezek forrásának felderítése egy futási időben fordított kód esetén nagyságrendekkel bonyolultabb, mint egy hagyományos szoftver esetén. A tesztelés megkönnyítése és persze a tudományos világ elvárásai miatt elengedhetetlen, hogy bármely szimuláció tökéletesen reprodukálható legyen. Egy sztochasztikus elven működő szimuláció esetén ehhez biztosítani kell a megfelelő véletlen szám generátort.

A .NET keretrendszer aktuális változata Donald E. Knuth szubtraktív véletlen szám generátor algoritmusát implementálja a Random osztályba (Donald et al., 1998). Ez az algoritmus egy pszeudo véletlen szám generátor, tehát egy adott szabály alapján olyan számsorozatot generál, melyre igaz, hogy bármely intervallumát tekintve egyenletes az értékek eloszlása. A visszaadott véletlen számok ennek a sorozatnak egy adott szám (seed) által meghatározott tetszőleges elemétől indítva vett értékei lesznek. Ez a megközelítés nem tökéletes, mert az algoritmus egy ponton túl ismétlődhet, de ennek a korlátnak az eléréséhez kevés egy hagyományos személyi számítógép memóriája. A véletlen szám generátor a seed értékét alapértelmezésben a számítógép órája alapján választja ki, de a fejlesztői környezet lehetőséget ad konkrét érték megadására is. Egy adott seed esetén sorban mindig ugyanazokat a véletlen számokat generálja a szoftver, így bár sztochasztikus a szimuláció, az eredményei bármikor reprodukálhatóak.

Egy szekvenciális program esetén a seed megadásával determinisztikussá válik a véletlen számok generálása, a párhuzamosítás következtében azonban felborul a számok sorrendje. Az egyes szálakat az operációs rendszer az aktuális állapotának megfelelően osztja szét a processzormagok között, és amennyiben egy szál végzett, a helyére belép a következő. Azt azonban nem lehet előre tudni, hogy milyen lesz az operációs rendszer kiinduló állapota, hiszen lehet, hogy más programok is futnak az adott gépen. Két egymást követő, de megegyező szimuláció esetén a tízmillió szál esetén már néhány órajelütem különbség is ahhoz vezethet, hogy egy adott szál a szükséges véletlen számokat egy másik intervallumról kapja, megváltoztatva ezzel az eredményt.

A probléma orvoslása érdekében a Simulation Framework egy kétszintű véletlen szám generálási módszert alkalmaz. A szimuláció rendelkezik egy saját generátorral, mely minden egyes iteráció elején legenerál annyi véletlen számot, ahány elemű az aktuális populáció. Az iteráció során minden egyes szál bemenetként megkapja a hozzá tartozó véletlen számot, és a szál maga is létrehoz egy saját véletlen szám generátort a kapott számot használva seedként, a generátor pedig a szál lefutásának végeztével megsemmisül. Ezzel a megközelítéssel garantálható, hogy minden szálon minden egyes ismételt szimuláció esetén pontosan ugyanazok a véletlen értékek jelennek majd meg. A folyamatosan létrehozott generátorok lassítják a program futtatását, de az időkölség viszonylag alacsony, a reprodukálhatóság biztosítása viszont elengedhetetlen.

Párhuzamos architektúra esetén azonban az új egyedek létrehozása újabb problémákat vet fel. A gyermek születése az anya iterációjához köthető. Az iteráció során egy véletlen szám generálás eldönti, hogy születik-e az adott nőnek abban az évben gyermeke. A fent leírt megoldásnak köszönhetően az determinisztikus, hogy adott évben melyik nő fog szülni, de előfordulhat, hogy egy szülő nő szála az egyik szimuláció esetén egy másik előtt fut le, míg a következő szimuláció esetén később. Ennek következtében felcserélődik a két gyermek pozíciója a populációban, de ez a pozíció határozná meg a következő években a gyermek által felhasznált véletlen számokat. Így a pozíciócsere az életpályájuk megváltozásához és ezzel a szimuláció eredményének megváltozásához vezet. Ennek elkerülése érdekében minden egyes új egyén egy a létrejöttével kapcsolatos egyedi azonosítót kap, ami meghatározza a helyét a populációban. Az iteráció végén a szálbiztos lista ez alapján az azonosító alapján kerül rendezésre a populációba történő átírás előtt. Az újszülöttek esetén ez az azonosító például az anya helye a populációban, de a bevándorlók és az új háztartások sorrendjének biztosítása is ennek megfelelően történik.

5.3.3. Párválasztás kezelése

A keretrendszer egyszerű használata nem valósulhatna meg, ha a felhasználó feladata lenne a háztartásokkal kapcsolatos szimulációs műveletek implementálása. A háztartásokból történő ki- és belépések egyszerűen megoldhatók, a párválasztás algoritmusában azonban komoly kihívások elé állítaná a felhasználót. Emiatt a Simula-

tion Framework tartalmaz egy rendkívül általánosított párválasztási funkciót, mely megvalósítja a paramétereknek megfelelő partner kiválasztását. A felhasználó algoritmusának csak arról kell döntenie, hogy egy adott iterációs lépésben az egyed talál-e majd párt.

A pártválasztó algoritmus nem kizárólag párkapcsolatok szimulálására alkalmas, bármilyen együttélés és viszony (pl.: lakótárs) nevesíthető és beállítható a párválasztás konfigurációs felületén. Egy adott kapcsolati típus esetén megadható annak célcsoportja. A házasságok esetén például dönthet úgy a felhasználó, hogy a modellben a férfiak kezdeményezik a házasságot a leánykérés során. Ebben az esetben egy lehetséges célcsoport a 18 évesnél idősebb, hajadon nők csoportja. Az iterációs lépésben a felhasználó állíthatja be, hogy milyen valószínűséggel lép házasságra egy férfi az adott iterációban.

A statisztikai adatok nem támasztják alá ama népi bölcsességet, miszerint „az ellentétek vonzzák egymást”. A statisztikákat elemezve az rajzolódik ki, hogy az emberek a párválasztásuk során inkább a bizonyos tekintetben hasonló partnereket preferálják. Egy diplomás személy nagy valószínűséggel diplomás partnert választ és csak elenyésző eséllyel talál magának egy legfeljebb 8 általánost végzett párt. Ez alapján az algoritmus a tényleges pár kiválasztása során a potenciális partnereket a felhasználó által megadott tulajdonságaik szerint egy n dimenziós mátrixban elhelyezett csoportokba sorolja, ahol n a megadott tulajdonságok száma. Az aktuális egyed egy – szintén a felhasználó által megadott – valószínűségi eloszlás alapján kiválaszt egy csoportot, majd abból a csoportból véletlenszerűen kiválasztja a partnerét. A házasság példa esetén releváns tulajdonság lehet az életkor és az iskolai végzettség, mivel a nemet már megkötötte a lehetséges célcsoport. A döntés során meghatározásra kerülnek a tulajdonság mátrix elemei és az aktuális egyed tulajdonságai közti súlyozott Euklideszi távolságok, és ezek alapján kerül kiválasztásra a leendő partner csoportja a megadott valószínűségi eloszlás szerint. A tulajdonságok súlyozásával biztosítható, hogy néhány év korkülönbség kevésbé legyen jelentős, mint egyenél nagyobb eltérés a legmagasabb iskolai végzettségekben. Amennyiben a valószínűségi eloszlás a normális eloszláshoz hasonló, akkor a párválasztó egyed a saját társadalmi csoportjától távolodva egyre kisebb eséllyel választ párt.

A párválasztási algoritmus a jellege miatt rendkívül nehezen párhuzamosítható, ezért a háztartási modul bekapcsolása nagyságrendekkel is növelheti a futási időt.

Az algoritmus leginkább erőforrás igényes folyamata a tényleges pár kiválasztása. A mintavételezés két különböző megközelítéssel valósítható meg: a korlátozás nélküli véletlen mintavétel (URS = Unrestricted Random Sampling) megengedi a kiválasztott egyed visszatételét az eredeti halmazba, míg az egyszerű véletlen mintavételezés (SRS = Simple Random Sampling) eltávolítja a kiválasztott egyedet. A házasságok esetén az URS megoldás azt jelenti, hogy az algoritmus egy iterációs lépésben több párt kereső férjhez is hozzárendelheti ugyanazt a nőt. Ebben az esetben egy törési szabállyal (pl.: FIFO, LIFO) kell eldönteni, hogy melyik két egyed lép majd kapcsolatba. Az SRS megközelítés során nem merül fel ilyen jellegű probléma, viszont minden egyes párválasztás után ki kell törölni az új partnert a potenciális partnerek közül, és ezt a törlést minden egyes párkapcsolatba lépő férfi esetén végre kell hajtani. Ezek a törlések okozzák a futási idő növekedésének jelentős részét, ezért a keretrendszer alapértelmezetten az URS megoldást alkalmazza LIFO (Last In First Out) törési szabállyal, de a párválasztási algoritmus még így is a teljes szimuláció futási idejének a felét felemésztí a vizsgált modellek esetén. (Burka et al., 2017)

5.4. Továbbfejlesztési lehetőségek

A következő fejezetben látható lesz, hogy a Simulation Framework képes komplex demográfiai és nyugdíj modellek egyszerű implementálására és a szimulációk gyors futtatására. Bár a rendszer jelenlegi változata működőképes, még számos olyan hiányossága van, melyek korlátot szabnak a széles körű felhasználásának:

- A párkapcsolati modul bekapcsolása olyan mértékben növeli a futási időket, hogy gyakorlatilag ellehetetleníti a nagyobb paraméterterek vizsgálatát. A modul megfelelő párhuzamosítása és optimalizálása jelentősen megkönnyítheti a gyakorlati alkalmazását.
- A Simulation Framework nagyon könnyen kezelhető, amennyiben a felhasználó tisztában van az egyes blokkok és menüpontok működésével. A grafikus programozási felület alapvetően intuitív, de jelenlegi formájában egy kevésbé magától értetődő elemről semmilyen tájékoztatást nem kap a felhasználó. Jelentős segítséget jelentene, ha az egyes grafikai elemekhez tooltípek és interaktív sűgók is társulnának.

- A rendszer blokkprogramozási felülete lényegében egy programozási nyelvet valósít meg. A jelenlegi változatban a felhasználó csak a futtatás pillanatában kap – egy szoftverfejlesztésben kevésbé jártas felhasználó számára nehezen értelmezhető – visszajelzést a hibásan felépített kóddal kapcsolatban. A szintaktikai hibák azonnali ellenőrzésével és a logikai hibakeresés (debug funkció) támogatásával megkönnyíthető lenne a komplexebb modellek felépítése.
- A kiinduló populáció kizárólag csv formátumban adható meg. A gyakorlati alkalmazás során azonban felesleges lépésektől kímélné meg a felhasználót az elterjedt fájltypusok (pl.: SPSS, SAS) importálási lehetősége és automatikus feldolgozása.
- A szimulációk kimenete is egy egyszerű szöveges állomány. Az alapvető elemző és adat vizualizációs megoldások implementálásával az egyes szimulációk eredményeinek ellenőrzése – és a logikai hibák kiszűrése – jelentősen felgyorsulna. Így csak a részletes elemzésekre szánt szcenáriók esetén lenne szükség más szoftver használatára.
- A keretrendszer forráskódja jelenleg nem felel meg az elvárt metrikáknak és a dokumentációja is hiányos. A nyílt forráskód ellenére ezért csak nehezen lehet módosítani a keretrendszer magjában található megoldásokat. Ezeknek a problémáknak az orvoslása azonban a forráskódok jelentős refaktorálását igényelné.

A Simulation Framework egy egyetlen fejlesztő által, a kapcsolódó kutatói munkával párhuzamosan megvalósított keretrendszer. A rendszer magja körültekintően megtervezett és megalapozza az egyszerű felhasználás és a rugalmasság követelményeinek teljesítését. A fent leírt funkciók megvalósítása azonban még számos fejlesztői munkaórát, hosszas tervezést és komoly béta tesztelést igényelne.

6. fejezet

Hatásvizsgálatok

A mikroszimuláción alapuló demográfiai előrejelzések célja nem a predikció, hanem az aktuális állapotok továbbvezetése és a különböző scenáriók összehasonlítása alapján az egyes folyamatok pontosabb megértése (lásd 3.1.3. fejezet). A lehetséges vizsgálatok körét jelentősen befolyásolja a rendelkezésre álló adatok részletezettsége, az elemzett scenáriók számát pedig a szimulációk futási ideje szorítja korlátok közé. Jelen fejezet az 1. fejezetben leírt hatásvizsgálatokon keresztül mutatja be a mikroszimulációs előrejelzések gyakorlati alkalmazhatóságát az elérhető adatforrások és a felvázolt keretrendszer lehetőségeinek fényében. Mivel a mikroszimuláció nem egy prediktív jellegű módszertan, az eredmények nem tekinthetők a folyamatok jövőbeli alakulásának becsléseként. A cél az egyes paraméterek ceteris paribus változtatása következtében fellépő hatások – vagy az elvárt hatások hiányának – felderítése, és nem a mutatók pontos előrejelzése. A modell paraméterek megválasztásával és továbbvezetésével kapcsolatos megoldások ismertetésre kerülnek a fejezet során, ám ezek elsősorban a mikroszimulációs módszertan bemutatását hivatottak támogatni, így nem tekinthetők valós mutatóknak. A paraméterek pontos meghatározása a szakközgazdászok feladata, ezért túlmutat ezen értekezés keretein. A bemutatott modellek paramétertáblái viszont egy egyszerű táblázatszerkesztővel megváltoztathatók, és a szimulációk a módosított konfigurációnak megfelelően újra futtathatók. A fejezet kapcsán bemutatott modellek első sorban – de nem kizárólag – a 2010-es Nyugdíj és Időskori Kerekasztal Jelentés kapcsán bemutatott mikroszimuláció (Holzer, 2010) elemeire építenek. Mohácsi László munkája (Mohácsi, 2014) mellett ez

a szimuláció inspirálta és alapozta meg a jelen értekezésben bemutatott kutatást, így hatással van a modellek felépítésére, azoknak azonban nem célja az eredeti eredmények reprodukálása. Ettől függetlenül azonban – amennyiben hozzáférhetőek az adatok – a Simulation Framework segítségével egyszerűen megvalósítható az eredeti modell.

6.1. Alaptulajdonságok

A rendelkezésre álló adatforrások szinte mindegyike éves – esetleg havi – bontásban tartalmazza a begyűjtött adatokat, így nem tudni például, hogy egy egyén az év elején vagy a végén született-e. Egy folytonos – lényegében napi részletességű – szimuláció során azonban ezek a szükséges információk csak adott valószínűségi eloszlások alapján helyettesíthetők. Figyelembe véve, hogy már a kiinduló halmazok esetén alkalmazott becslések hibája jelentősen megnövelné az egyes modellek eredményeinek hibahatárát, a fejezetben bemutatott szimulációk mindegyike diszkrét idejű modellen alapul.

Az elvégzett hatásvizsgálatok egyik célja a mikroszimulációs módszertan ismeretése, ezért viszonylag egyszerű modellek kerülnek bemutatásra. A népmozgások követése – a pontos adatok hiányában – a paraméterek jelentős hányadának becslését vonná maga után, jelentősen bonyolítva ezzel a végső modellt. Az átláthatóság érdekében ezért a bemutatott hatásvizsgálatok egyike sem tartalmaz az országon belüli népmozgásokkal kapcsolatos elemeket, és a nemzetközi népmozgások is rendkívül egyszerűsített formában jelennek meg.

Hasonló a helyzet a párkapcsolatok modellezése terén is. Az egyedek pontos kapcsolati hálójának ismerete lehetővé teszi az egyedek olyan döntéseinek vizsgálatát, melyek a partnerének vagy a szülők tulajdonságainak következményei. Az adatgyűjtések azonban nem képesek lefedni a társas kapcsolatok széles skáláját, de még egy megfelelően részletes adathalmaz esetén is rejtve maradna a párválasztást befolyásoló tulajdonságok közti kauzalitás iránya. A tervezett hatásvizsgálatok során az egyetlen párkapcsolatokat érintő vizsgálat a személyek legmagasabb iskolai végzettsége és a szülők legmagasabb iskolai végzettsége közötti kapcsolatra terjed ki. Az anya és a gyermek kapcsolata egy alapvető modellben is egyértelmű, tehát a párkapcsolatok modellezésének egyetlen célja az apa legmagasabb iskolai végzett-

ségének ismerete lehetne. A párkapcsolatok modellezése azonban nagy számítási kapacitást igényel, az ilyen szimulációk futási ideje nagyságrendekkel nagyobb az alapvető modellekénél. Tehát amennyiben viszonylag kevés – jelen esetben egy – tulajdonság releváns csak a párkapcsolatok szempontjából, érdemes az adott tulajdonságokat inkább az ismert statisztikai mutatók alapján előállítani, alacsonyan tartva ezzel a futási időket. Ezért a vizsgált modellekben az apa legmagasabb iskolai végzettségének hatása beleépül az anya végzettségétől függő valószínűségi eloszlásba.

A modell építése során felhasznált adatok döntő többsége nyilvánosan hozzáférhető az ebben a fejezetben említett adatgazdák online felületein. Kivételt képeznek ez alól a nők lélekszámát megfelelő bontásban tartalmazó adattáblák a legutóbbi népszámlálások és mikrocenzusok éveiből (lásd 6.3.3. fejezet), melyeket a KSH munkatársai külön kérésre állítottak össze. Az adattáblák megtalálhatóak a C függelékben.

A KSH kutatószobában elvileg hozzáférhetők a népességgel kapcsolatos részletes adatok, de az online felületeken elérhető táblák viszonylag limitáltak. Ugyanezen adatokon alapulnak több európai szintű adatgazda online felületein szereplő idősoros táblázatok is, ám utóbbiak gyakran nagyobb részletezettséggel és hosszabb időintervallumra érhetőek el az egyszerű felhasználó számára. Ezért a bemutatott modellek népesség adatai az EuroStat adatokat veszik alapul, míg a halálozási és születési mutatók rendre a Humand Mortality Database (HMD) és a Human Fertility Database (HFD) forrásaira épülnek.

6.2. Demográfiai alapmodell

A mikroszimulációs módszertan lényege a projekciós előrejelzés, azonban elengedhetetlen, hogy az eredmények legalább a szimuláció kezdeti szakaszaiban megközelítsék a valós mutatókat. A következő alfejezetekben bemutatott komplexebb szimulációk verifikálása érdekében bemutatásra kerül egy pusztán halálozást és születést implementáló demográfiai alapmodell.

A rendelkezésre álló adatok fényében a továbbiakban bemutatott szimulációk a 2017-es évtől indulnak, míg a jelen alfejezetben validáció céljából bemutatott, demográfiai alapmodell 2007-től kezdődik. Így egy 10 éves intervallum (2007-2016) mutatóival vethetők össze a szimuláció eredményei.

A modell a Simulation Frameworkben kerül implementálásra (lásd 5. fejezet) egy halálozási- és egy szülési valószínűségeket tartalmazó átmenetvalószínűségi mátrix alapján. További verifikáció céljából, a mátrixok felhasználásával a kohorsz-komponens módszertan alapján megvalósításra kerül egy szimulációs kontrolltábla is.

6.2.1. Előfeltevések

- A halálozási valószínűség az életkor és a nem függvénye.
- A gyermekvállalás valószínűségét kizárólag a nő életkora befolyásolja.

6.2.2. Halálozás

A HMD online felületén elérhetőek a halálozási valószínűségek korévenkénti bontásban egészen 1950-ig visszamenőleg. Ezeket a mutatókat felhasználva felépíthető a szimulációhoz szükséges átmenet valószínűségi mátrix. A halálozás valószínűsége még 100 éves kor felett is alig haladja meg az 50%-ot, így az egyszerűség kedvéért a modellekben a 110 éves lehet a legmagasabb kor. Ebben az életkorban – a historikus adatoktól függetlenül – a halálozási valószínűség 100%-ra változik. Az alapmodell a még elérhető, mért adatokból számított halálozási valószínűségeket veszi alapul, így ezen a ponton nincs szükség a valószínűségek továbbvezetésére.

6.2.3. Születések

A szülési valószínűségek esetén a halálozáshoz hasonló módon rendelkezésre állnak a születésszámok és a különböző életkorú nők lélekszámai az adott években. A HFD online felületein korévenkénti bontásában szerepelnek az anyák születésszámai 12 és 55 éves kor között: a legfiatalabbak (0-12 éves) és a legidősebbek (55 éve felett) esetén elenyésző a szülés valószínűsége, ezért ezen csoportok esetén nincs szükség a valószínűségek kezelésére. A születések számának és a nők lélekszámának hányadosaként pedig előáll a nők korcsoportonkénti bontásban vett szülési valószínűsége az egyes években. A halálozáshoz hasonlóan a szülési valószínűségek is a valós adatokon alapulnak ebben a modellben.

6.2.4. Kiinduló populáció

A mikrocenzusok a népszámlálásokkal ellentétben nem a teljes népességen, hanem egy abból vett reprezentatív mintán végeznek felméréseket. Minden egyes megkérdezett válasza mellett szerepel egy súly érték, mely a hozzá hasonló tulajdonságú személyek számát közelíti a társadalmon belül. Ezek a súlyok általában háztartásonként kerülnek meghatározásra különböző statisztikai módszerek segítségével, így az egyes megkérdezettek súlyai jelentősen eltérhetnek. A kiinduló népességet leíró táblázat ehhez hasonló módon épül fel. Minden egyes lehetséges népesség csoport-hoz egy súlyt rendel az érintett népesség lélekszáma alapján, a keretrendszer pedig a megadott súlyoknak megfelelő számú egyedet hoz létre a szimuláció futtatásakor.

6.2.5. Kiértékelés

Az adatfelvételeket ritkán időzítik január 1-ére, ráadásul a népszámlálások és mikrocenzusok adatgyűjtései akár hetekbe is telhetnek. Ha például egy adatgyűjtés kezdete július 1-ére esik, akkor az adott évben született gyermekeknek csak körülbelül a fele kerül feljegyzésre. Emiatt a kiinduló évben az újszülötteket ki kell hagyni a szimulációból, tehát nincsenek 0 éves gyermekek a populációban. A kiinduló év újszülöttjei az első évben szimulált születések folyamán jelennek majd meg a modellben.

Az elérhető népességadatok a halálozások és a születések mellett tartalmazzák a nemzetközi népmozgások nettó változásait is. Így egy adott népesség számából levonva ugyanazon év halálozásait és hozzáadva a születéseket, nem pontosan a következő év populációjának mérete adódik. Emiatt nehezen összehasonlíthatóak a demográfiai alapmodell eredményei a valós népességgel. A halálozások és születések számában viszont kisebb különbséget eredményeznek csak a népmozgások, ezért ezeket képes lehet reprodukálni a modell. A népmozgásoktól független népesség szám ezért közelíthető, amennyiben az egyes évek népesség számai az előző év népességéből és az adott év halálozási- és születés számaiból kerülnek meghatározásra. A kiinduló év adatai a súlyok kerekítési hibái miatt kis mértékben eltérhetnek a valós értékektől.

A 16. ábrán láthatók a mikroszimulációs modell, a kohorsz-komponens modell és a valós mutatók viszonyai. Jól látható, hogy a két modell eredményei csak elenyésző

mértékben térnek el egymástól, a valós értékekhez képest azonban már érzékelhető az eltérés, de még így is 2%-os hibahatáron belül vannak az eredmények.

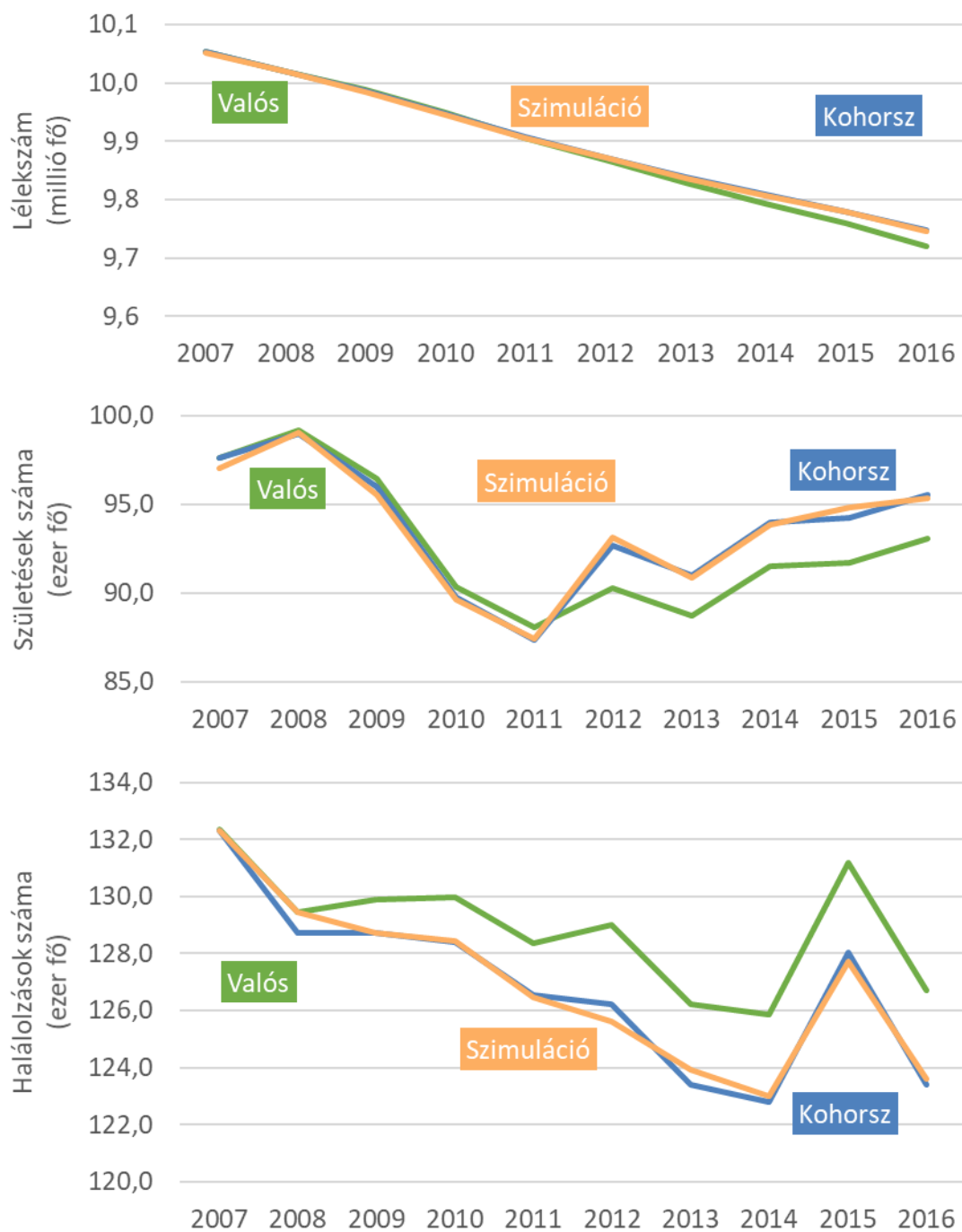
A születések szimulációja egészen a 2011-es évig kiválóan követi a valós mutatókat. A 2012-ben jelentkező eltérés oka egy a népesség adatokban tapasztalható anomália, mely jelen van a KSH és az EuroStat adataiban is. Ebben az évben feltehetően másképp kezdte el kezelni a KSH a külföldi munkavállalókat, ugyanis 2012-re hirtelen lecsökken a 20-30 év közöttiek lélekszáma. A születések számában azonban nem tapasztalható ez a hatás, így ettől az évtől kisebb népességre ugyanakkora születésszám jut, tehát megnő a számított szülési valószínűség. A valóságban azonban ezek a valószínűségek nem változtak számottevően, így eltérés jelentkezik a valós és a szimulált mutatók között.

A halálozások eltérésének oka egyszerűen az, hogy a magasabb életkorokban korévenként egyre kisebb lélekszámú minta alapján kerülnek meghatározásra a halálozási valószínűségek, és így egyre pontatlanabbá válnak. A valós és a szimulált halálozási mutatók közti eltérések több, mint 95%-a a 85 év feletti korosztályból származik.

Mindkét modell elfogadhatóan követi a valós trendeket. A szimulációs alapmodell tökéletesen reprodukálja egy vele megegyező paramétereket felhasználó kohorsz-komponens modell eredményeit, a nagy számok törvényéből adódó elenyésző eltérésektől eltekintve. Ezen felül pedig a továbbvezetések során mindkét modell a valós mutatókhoz közeli, és azzal megegyező trendeket követő eredményeket hozott. Összességében tehát elmondható, hogy a keretrendszer nagy valószínűséggel az elvárt módon működik, és az eltérésekért kizárólag a kiinduló adatok pontatlansága felelős.

6.3. Karrier modell

Egy egyszerű, mikroszimuláción alapuló demográfiai modell képes szignifikáns eltérések nélkül reprodukálni az ugyanazon paramétertáblákból kiinduló kohorsz-komponens modell eredményeit. A modell, az előző fejezetben bemutatotthoz képest történő bővítésének azonban a különböző módszertanok alkalmazása esetén eltérő erőforrás igénye van. Lehetőség van a szimulált személyek tulajdonságainak komplex logikákon keresztül történő meghatározására – akár egymással átfedő csoportok esetén is.



16. ábra. Valós és modell demográfiai mutatók összehasonlítása

Egy kohorsz komponens modellben ez a bővítés egy rendkívül komplex, több dimenziós átmenet valószínűségi mátrix meghatározást igényelné, melyet a rész paraméterek legapróbb változtatása esetén is az adott dimenzió mentén újra kell számolni. A mikroszimulációs modellekben egymástól jól elkülönülnek a különböző befolyásoló tényezők, így a paramétereik egyszerűen módosíthatók, az új eredmények pedig meghatározhatók egy megismételt futtatással.

A következőkben bemutatásra kerül egy, a demográfiai alapmodellt kibővítő mikroszimulációs modell, mely az egyének karrierútját is figyelembe veszi a továbbvezetések során. Az egyének társadalmi helyzetét erősen befolyásolja a jövedelmi helyzetük, mely összefügg a legmagasabb iskolai végzettségükkel. Jelen modell ezért egyszerűsítésként azzal a feltevessel él, hogy a személyek jövedelme – és általában vett jóléte – kizárólag a végzettségüktől függ, a társadalmi helyzet viszont a személy életének minden aspektusára hatással van.

Az alfejezetben összehasonlításra kerül a karrier modell három különböző változata, melyek kizárólag a végzettségekkel kapcsolatos paramétertábláikban térnek el egymástól. Látható lesz, milyen hatásai vannak a változtatásoknak, vagyis hogyan változik meg a népesség végzettségének eloszlása és a születendő gyermekek száma az egyes scenáriók esetén.

6.3.1. Előfeltevések

- A halálozási valószínűség az életkor, a legmagasabb iskolai végzettség és a nem függvénye.
- A gyermekvállalás valószínűségét az életkor, a gyermekek száma és a legmagasabb iskolai végzettség határozza meg.
- A halálozási és szülési valószínűségek iskolai végzettségtől való függése időben változatlan.
- A jövedelem – és ebből adódóan a jólét – kizárólag a személyek nemétől és iskolai végzettségétől függ.

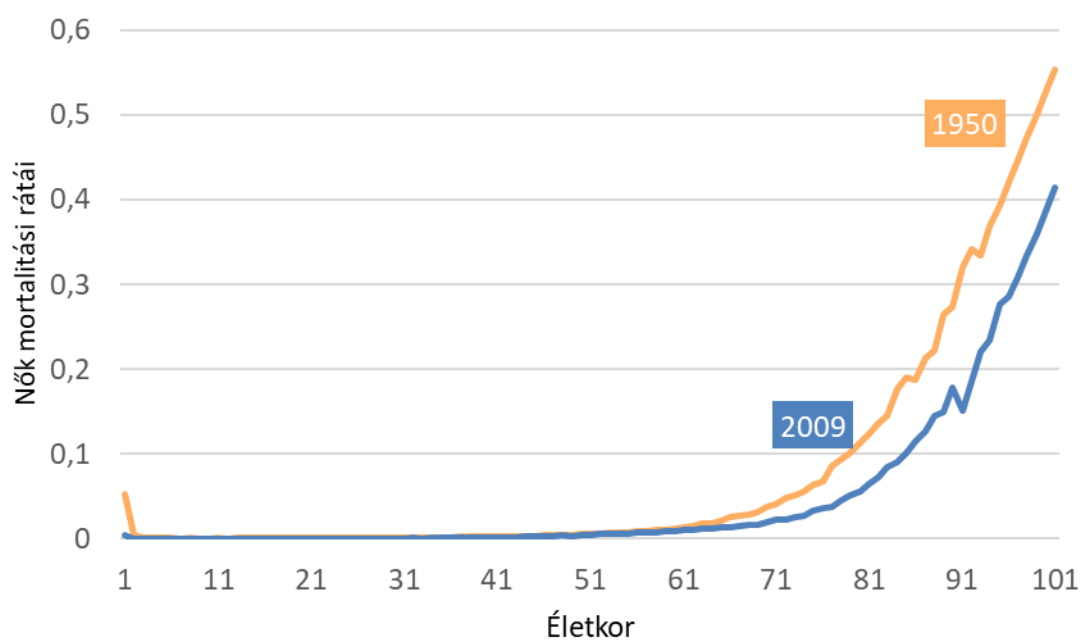
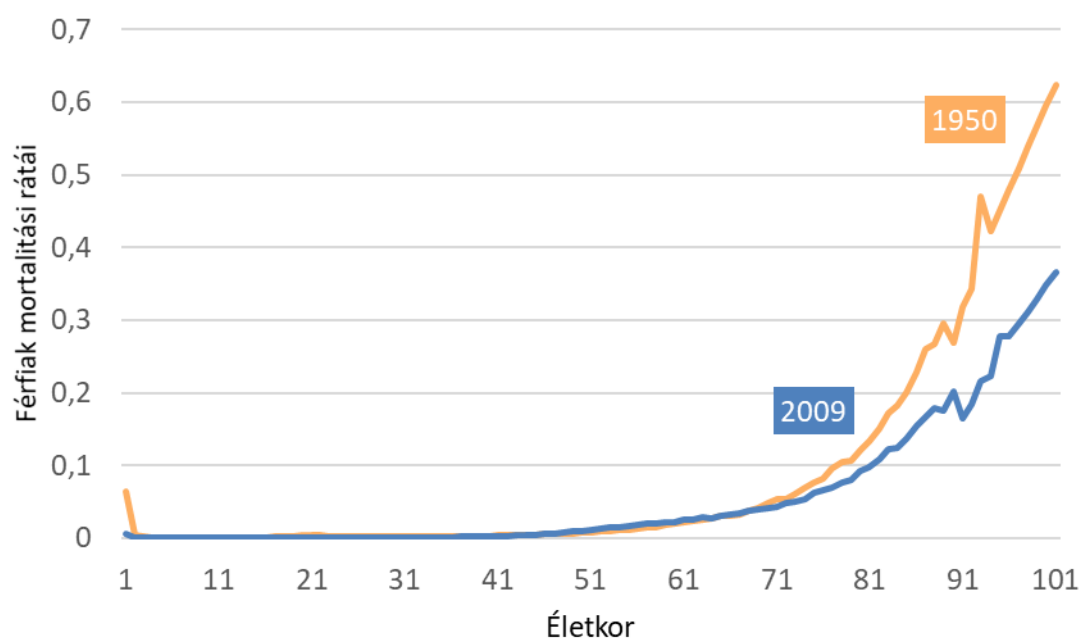
- Egy személy legmagasabb iskolai végzettségét nem befolyásolják az élete során bekövetkezett események, vagyis már a születés pillanatában meg lehet határozni.
- Egy személy legmagasabb iskolai végzettsége a nemének és az anya iskolai végzettségének függvénye.
- Az első gyermek után nem tanulnak tovább az anyák.

6.3.2. Halálozás

A halálozási valószínűségek az egyén tulajdonságai alapján történő meghatározásához szükséges pontos ok-okozati kapcsolatok nem ismertek. Ezért – elkerülendő az okok hatásaival kapcsolatos becslési hibák halmozódását – a hatásvizsgálatok folyamán a halálozási valószínűségek, mint külső paraméterek jelennek meg a modellben. Azonban az egészségügy és a technológia fejlődésének köszönhetően a mortalitási ráták az évek folyamán általában pozitív irányba változnak (17. és 6. ábra). Az ábrán jól látható, hogy a valószínűségek évről-évre folyamatosan csökkentek, főleg az idősebb korosztályok és a csecsemők esetén. Bár előfordulnak ingadozások és külső behatások, a trend iránya egyértelmű, és így a halálozási valószínűségnek a modellben történő felhasználásához elengedhetetlen a mutatók továbbvezetése.

Az életkor és a nem mellett egyre inkább elfogadott a szakirodalomban, hogy a magasabb jövedelem és az életminőség javulása is jelentősen befolyásolja a várható élettartamokat illetve a halálozási valószínűségeket. (Simonovits, 2018) A bemutatott szimulációkban az életminőség elsősorban az iskolai végzettség függvénye (lásd 6.3.4. fejezet), ezért a halálozási mutatókat is a végzettség szerinti bontásban érdemes vizsgálni.

A halálozási valószínűségek nem állnak rendelkezésre a szimulációkhoz szükséges felbontásban, ezért azokat népesség és halálozás számok alapján kell meghatározni. A Böckh-formula (Radnóti, 2003) alkalmazásával meghatározhatók a halálozási valószínűségek. Az életkor növekedésével azonban a számított értékek egyre pontatlanabbak, hiszen az egyes korévek által meghatározott csoportok egyre kisebb lélekszámúak. A problémát súlyosbítja, ha különböző tulajdonságok (pl.: végzettség) mentén még tovább bontjuk a csoportokat. Ez részben kezelhető az egyes évek-



17. ábra. Halálozási valószínűségek változásai Magyarországon

re kiszámított halálozási valószínűségek simításával és a legmagasabb életkorokban olykor hiányzó értékek behelyettesítésével.

A mortalitási ráták jövőbeli alakulásának becslésére számos előrejelzési módszertan létezik, a szakirodalomban azonban szinte kizárólagosan a Lee-Carter modellt (Lee/Carter, 1992) vagy annak valamilyen módosult változatát (Lee, 2000; Wilmoth, 1993) alkalmazzák. Általában a magyar demográfusok is ezt a megközelítést használják (Baran et al., 2007; Májer/Kovács, 2011), így a bemutatott modellekben is ez a kipróbált modell kerül implementálásra. Bár a megoldás eredeti megnevezése Lee-Carter „modell”, a félreértések elkerülése végett a további hivatkozásokban a „módszertan” kifejezés lesz használatos.

A módszertan egy $n + 1$ dimenziós mortalitási rátákat tartalmazó mátrixból indul ki, ahol n a halálozást befolyásoló tulajdonságok száma, az extra dimenzió pedig az idő. A mortalitás előrejelzése során a bevett gyakorlat a befolyásoló tényezők életkorra és nemre történő korlátozása, ezért az alapmodell esetén is csak ez a két tulajdonság befolyásolja a halálozási valószínűségeket. A karrier modellben implementált változat esetén a végzettséggel tovább bővülnek a dimenziók, de könnyebb követhetőség érdekében a továbbiakban a kétdimenziós mátrixon értelmezett algoritmus kerül bemutatásra, de a módszertan $n + 1$ dimenzióra is kiterjeszthető.

A Lee-Carter módszertan lényege, hogy időfüggő és időfüggetlen komponensekre bontja a többdimenziós adathalmazokat, majd egyedül az időfüggő vektor komponenszt vezeti tovább a teljes mátrix helyett. Végül, a jövőre vetített értékekből és az idő független elemekből állítja elő az előre jelzett mutatókat. A mortalitási mátrix az alábbi egyenlettel írható le:

$$\ln(m_{x,t}) = \alpha_x + \beta_x k_t + \varepsilon_{x,t} \quad (6.3.1)$$

Ahol $m_{x,t}$ az x életkorú egyedek mortalitási rátája a t . évben. Az α_x és a β_x életkorfüggő konstansok, míg a k_t az időfüggő paraméter. Az $\varepsilon_{x,t}$ pedig egy 0 átlagú hibaváltozó. A paraméterek meghatározására az eredeti módszertan a legkisebb négyzetek módszerét alkalmazza:

$$\min_{\alpha, \beta, k} \sum_{x,t} (\ln(m_{x,t}) - \alpha_x + \beta_x k_t + \varepsilon_{x,t})^2 \quad (6.3.2)$$

Az α_x értékét a mátrix x . sorának átlagaként megválasztva az $\ln(m_{x,t}) - \alpha_x$ mátrixból szinguláris vektor dekompozíció (SVD) segítségével kiszámolható β_x és k_t értéke (lásd 6.3.1. egyenlet). Mivel így végtelen számú megoldás adódik, az alábbi megkötésekre is szükség van:

$$\sum_x \beta_x = 1 \quad (6.3.3)$$

$$\sum_t k_t = 0 \quad (6.3.4)$$

A megkötésekkel már pontosan meghatározhatók a β_x és k_t paraméterek:

$$\beta_x = \frac{U_1(x)}{\sum_x U_1(x)} \quad (6.3.5)$$

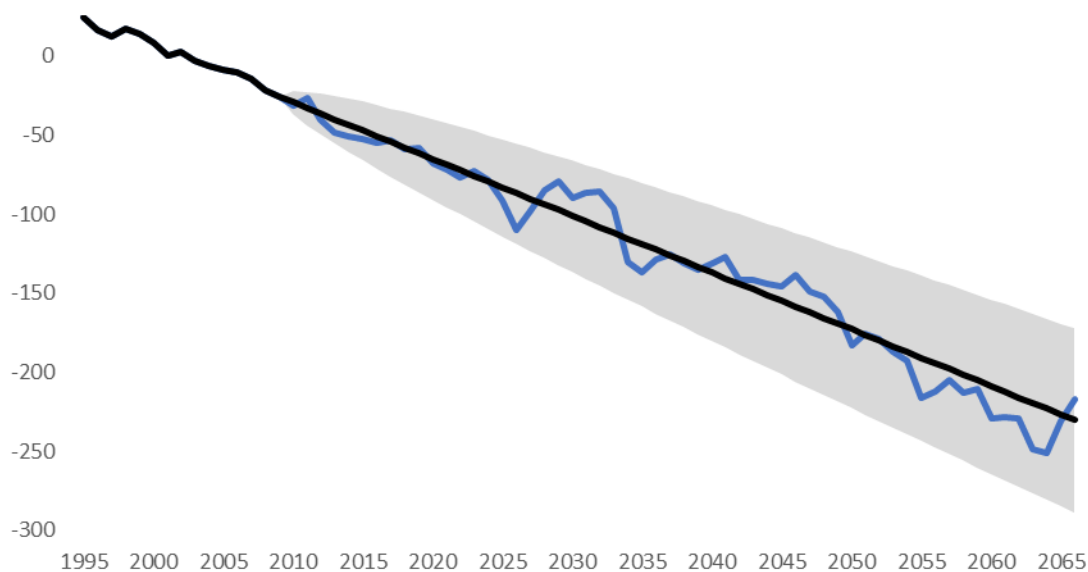
$$k_t = S_1 V_1(t) \sum_x U_1(x) \quad (6.3.6)$$

U , S és V a szinguláris vektor dekompozíció eredményei, U_1 , S_1 és V_1 pedig rendre ezek első elemeit jelölik. A következő lépés a k_t paraméter korrekciója:

$$\sum_x d_{x,t} = \sum_x E_{x,t} e^{\alpha_x + \beta_x k_t} \quad (6.3.7)$$

Ahol az α_x és a β_x értékei az előző egyenletek eredményei alapján kötöttek és csak k_t változó. A $d_{x,t}$ a t . évben az x . életévükben elhunyt egyedek száma, míg $E_{x,t}$ ugyanezen egyedek kitettségét jelöli. Így a halálozások száma egyezni fog a megfigyelt – és feltehetően az előrejelzett – évek értékeivel. A korrekció nélkül a korábbi évek pontosan ugyanolyan súllyal szerepelnének, mint a legutóbbiak, pedig jelentősen kisebb a hatásuk az aktuális halálozások számára.

Az így eredményül kapott k_t értékek általában közel lineáris trendet követnek (18. ábra). Az ábrán a k_t ARIMA(0, 1, 0) módszerrel történő előrejelzésének 95%-os konfidencia intervalluma látható. A szakirodalom alapján egy ennek az előrejelzésnek megfelelő véletlen bolyongással érhetőek el a valósághoz leginkább közeli mutatók. A véletlen bolyongás amplitúdójának csökkentése érdekében a továbbvezetett k_t idősor Savitzky-Golay szűrővel került simításra. Az α_x , β_x és a k_t értékek meghatározása után egyszerű vektorműveletekkel előállítható a továbbvezetett mortalitási mátrix.



18. ábra. k_t érték előrejelzése

A szerző korábbi munkája során (Burka, 2016) vizsgálta a Lee-Carter módszertan egyes változatai (Wilmoth, 1993; Lee/Miller, 2001; Brouhns/Denuit/Vermunt, 2002) közti különbségeket. A vizsgálat alapján az egyes változatok eredményei között – a magyar adatok esetén – nincs szignifikáns különbség, ezért a modellek egyszerűsítése érdekében a módszertan a fent leírt eredeti formájában kerül implementálásra. A vizsgálatok során kizárólag a bemeneti adathalmaz megválasztása eredményezett szignifikáns változást az előrejelzett értékekben. A halálozási adatok 1950-től állnak rendelkezésre, viszont 1990 – vagyis a rendszerváltás – környékén kisebb törés figyelhető meg a trendekben. Az 1950-től vett halálozási adatok a korszakban uralkodó életkörülmények miatt jelentősen rosszabb előrejelzett mutatókat eredményeznek, mint a pusztán a rendszerváltás utáni viszonyokon alapuló becslések. A társadalom folyamatos elidősödésének modellezése érdekében a hatásvizsgálatok során érdemes az optimistább mortalitási scenáriót felhasználni.

Az EuroStat és a HMD adatforrásaiban már 1950-től kezdődően elérhetők a halálalással kapcsolatos adathalmazok, azonban ezek végzettségek szerint lebontott változatai csak a 2007 utáni időszakra férhetők hozzá. Annak érdekében, hogy hosszabb időszak alapján lehessen megvalósítani a továbbvezetéseket a modell azzal a feltételezéssel él, hogy a végzettség hatása a halálozási valószínűségekre állandó,

nem változik az évek során. Azokban az években, ahol a megfelelő bontásban is elérhetők az adatok, meg lehet határozni a végzettségek szerinti és az együttes halálzási valószínűségeket a korévek és a nemek által meghatározott csoportokban. Az egyes csoportok szintjén minden évre kiszámolható az egyes végzettségek és az együttes halálzási valószínűségek aránya, az évenkénti arányszámokat átlagolva pedig előállnak a végzettségek halálzási valószínűségeihez tartozó szorzók. Így elegendő csak az életkor és a nem mentén továbbvezetni a halálzási valószínűségeket, a végzettségenként vett értékek pedig megkaphatók a szorzók segítségével. Ez egy a szakirodalomban gyakran alkalmazott megoldás (Cox/Oakes, 1984; Vékás, 2011), és bár jelentősen torzíthatja a mutatókat, valószínűleg még így is pontosabb eredményt ad, mintha egy 10 éves intervallum alapján próbálnánk meg 50 évre előre jelezni a mutatókat. Az előrejelzett értékek meghatározása egy C# nyelven íródott segédprogrammal valósult meg, mely az R (R Core Team, 2013) *demography* programcsomagját felhasználva végezte el a halálzási valószínűségek Lee-Carter módszertan szerint történő továbbvezetését.

6.3.3. Születések

A szülés valószínűsége egy endogén változó, tehát a rendszer és az egyén tulajdonságainak alakulása visszahat a változó alakulására. Az életkor, a családi állapot és a jövedelmi helyzet, de akár a nyugdíjak alakulása is (Mészáros, 2005) kihat a gyermekvállalásra. A bemutatott karriermodell nem tesz kísérletet ezeknek a komplex hatásoknak a leképezésére, ezért a születési valószínűségek a halálzási valószínűségekhez hasonló módon külső paraméterként, viszont részletesebb bontásban jelennek meg a modellben. Annak a valószínűsége, hogy egy nő egy adott évben gyermeket szül, elsősorban az alábbi tulajdonságainak függvénye:

- Életkor
- Iskolai végzettség
- Gyermekai száma

Ezen felül még a potenciális anya kapcsolati állapota és a partner tulajdonságai is befolyásolhatják a gyermekvállalással kapcsolatos döntéseket. A bemutatott modell

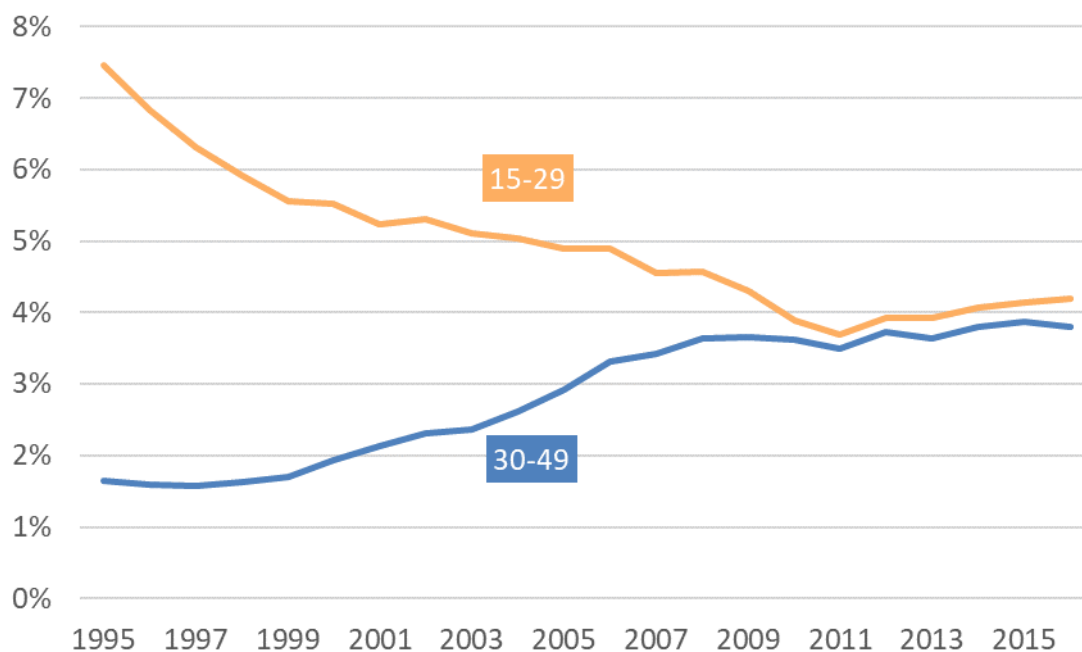
átláthatóságának biztosítása érdekében azonban nem kerülnek implementálásra a párkapcsolati viszonyok, így ez a hatás nem jelenik meg a szimuláció során. A szülés ténye kizárólag az anya tulajdonságaitól függő valószínűségi eloszlás alapján kerül meghatározásra.

A születésekkel kapcsolatos adatok hozzáférhetőek a HFD online felületein, azonban a szülési valószínűségek nem érhetőek el közvetlenül, de egy egyszerű osztás segítségével meghatározhatóak a született gyermekek száma és a nők lélekszámának hányadosaként. A problémát az jelenti, hogy ez a két adat egymástól független adatgyűjtések során kerül a nyilvántartásba (lásd 4.3. fejezet). A születéssel és az anyával kapcsolatos adatokat a szülés ideje körül automatikusan rögzítik, a szülőképes korú nők számáról viszont csak olyan éves szintű adatok érhetőek el, melyek nem kellően részletezettek a fent említett tulajdonságok szerinti bontáshoz. Csak a népszámlálások és a mikrocenzusok éveiben végzett adatgyűjtések során keletkeznek a lélekszámmal kapcsolatos, megfelelő részletezettségű adathalmazok. A HFD online felületén 1995-től érhetőek el megfelelő bontásban a születésszámok egészen 2016-ig. Az 1990, 2001 és 2011 évi népszámlálások és a legújabb, 2016-os mikrocenzus adatai (C függelék) alapján erre a négy évre meghatározhatók a szülési valószínűségek a fent említett bontásban.

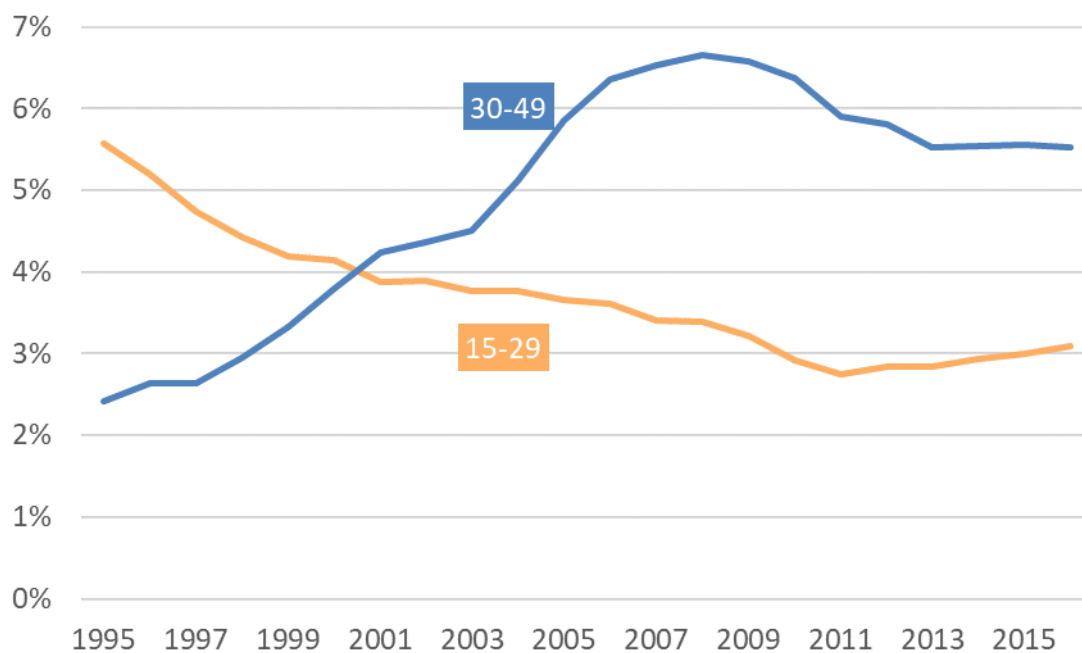
A becsült valószínűségek már – demográfiai szempontból – rövid idő elteltével is jelentős változásokon mennek keresztül (19. ábra). Az elmúlt húsz évben a 30 év alattiak szülési valószínűségei jelentősen csökkentek, és elérték a 30 év felettiak időközben megnövekedett valószínűségeit. Az első gyermek születése tekintetében pedig gyakorlatilag felcserélődtek a korcsoportok mutatóinak értékei. A gyermekvállalás esélyének ilyen mértékű változása már nem elhanyagolható, ezért elengedhetetlen a szülési valószínűségek továbbvezetése a modellben előre jelzett évekre.

A szülési valószínűségek a fent említett bontásban kerültek meghatározásra. A gyermekek száma szerinti bontás legfeljebb 4 gyermeket vesz figyelembe. Ennél nagyobb gyermekszám viszonylag ritkán fordul elő Magyarországon, és feltehető, hogy a 4. gyermek után az újabb gyerekek születésének valószínűsége már nem tér el szignifikánsan a legutóbbi valószínűségtől. A legmagasabb iskolai végzettségek besorolásai pedig – az EuroStat csoportosításának megfelelően – a következők lehetnek:

- Legfeljebb 8 általános



(a) Szülőképes korú nők szülési valószínűségeinek alakulása



(b) Szülőképes korú nők első szülési valószínűségeinek alakulása

19. ábra. Szülési valószínűségek alakulása

- Középfokú végzettség
- Felsőfokú végzettség

A születések esetén is hasonló a helyzet, mint a halálozások kapcsán, de ebben az esetben már csak 4 éves intervallum alapján lehetne továbbvezetni a mutatókat. A pusztán az életkor alapján számított szülési valószínűségek azonban ebben az esetben is már 1950-től rendelkezésre állnak. Ezért a születések esetén is az előző fejezethez hasonló megoldást kell alkalmazni. A koréves mutatók továbbvezetése után a megfelelő gyerekszámhoz és iskolai végzettséghez tartozó szorzók alapján lesznek meghatározva a szimuláció éveinek szülési valószínűségei. A Lee-Carter módszertan R *demography* csomagjában található implementációja megfelelően paraméterezve alkalmas a fertilitási mutatók továbbvezetésére is, így ebben az esetben is ez a megoldás került implementálásra.

A modellben nem elég eldönteni a gyermek születésének tényét, hanem létre is kell hozni az új entitást. A gyermek tulajdonságai általában vagy adottak (pl.: iskolai végzettség) vagy a szülők tulajdonságai alapján alakulnak (pl.: lakhely). Bizonyos tulajdonságok meghatározása azonban nem mindig egyértelmű. Jelen modellben mindössze két olyan tulajdonsága van a gyermekeknek, ami nem magától értetődő: a nem és a várható legmagasabb végzettség (utóbbit lásd 6.3.4. fejezet). A gyermek nemét befolyásoló tényezők az orvostudomány jelenlegi állása szerint ismeretlenek, ezért a gyermek nemét meghatározó valószínűségi eloszlás is külső paraméterként jelenik meg a modellben. A fiúgyermekek születési valószínűsége magasabb, mint a lányoké, ráadásul a nagyobb háborúk után tovább emelkedik a fiú születés esélye. Erre a jelenségre nincs elfogadott tudományos magyarázat, de egyértelmű a hatás. Ettől a változástól eltekintve azonban a fiú-lány arány viszonylag stabil: 51,4% (Földházi, 2013) körül mozog a fiú születésének valószínűsége a hosszú idősoros statisztikák alapján. Tehát eme valószínűség alapján dönthető el a szimuláció során az újszülött gyermek neme.

6.3.4. Iskolázottság és karrier

Az egyének életében nyugdíj szempontból az egyik legmeghatározóbb faktor a karrier, illetve az azt megalapozó tanulmányok. A jobb pozíciók magasabb jövedelmeket

és ennek következtében jobb életkörülményeket jelentenek, és ezzel az egyén életének minden aspektusára hatást gyakorolnak. A felvázolt modellekben egyszerűsítésre kerültek ezek az ok-okozati kapcsolatláncok, ezért a vizsgált paraméterek (pl.: szülési valószínűség, jövedelem) – az olyan alapvető tulajdonságok mellett, mint az életkor és a nem – közvetlenül a legmagasabb iskolai végzettségtől függenek.

Az egyének iskolai végzettségének meghatározása különböző megközelítésekkel történhet. A leginkább kézenfekvő lehetőség az egyénnek az élete során felmerülő döntéseinek modellezése. Ebben a megoldásban, amint az egyén betölt egy megfelelő életkort, döntés elé kerül, és a döntési folyamat egy, a tulajdonságaitól függő valószínűségi eloszlásként jelenik meg a modellben. 18 éves korban felmerül például a felsőoktatási képzésbe történő belépés lehetősége, ekkor – a példa kedvéért egyenletes eloszlást feltételezve – az egyed 25% eséllyel bachelor szakra, 25% eséllyel osztatlan képzésbe, újabb 25% eséllyel pedig technikumba jelentkezik és 25% eséllyel nem tanul tovább. A továbbtanulási döntések azonban – az elhúzódnó tanulmányok, a kihagyott évek és felnőttképzések lehetőségei miatt – nem egyértelmű időpontokhoz kötöttek. Ez a megközelítés tehát egy rendkívül szerteágazó döntési fához vezet minden egyén életében, mely a döntések számának növelésével egyre inkább elaprózza a valószínűségeket, növelve ezzel a modell hibátényezőit. Ezen felül, a döntési fa megalkotásához olyan önkényes feltételezésekre lenne szükség, melyek a modellben szereplő tulajdonságok alapján nem alátámaszthatóak.

Mivel egy gyerek iskolai végzettsége leginkább a szülők iskolai végzettségével korrelál, az iskolai pályafutás modellezésének szöges ellentéte lehet az eleve elrendelés filozófiáján alapuló megközelítés. Eszerint egy egyén modellbeli legmagasabb iskolai végzettsége – determinisztikus úton – már a születése pillanatában eldőlt. A modell tekintetében egy a szülők együttes tulajdonságain alapuló valószínűségi eloszlás határozza meg, hogy a gyermek milyen iskolákat végez majd el. Így elegendő egy, a szülők releváns tulajdonságainak számával megegyező dimenziójú valószínűségi eloszlás meghatározása az iskolázottság megállapításához. A nyilvánvaló implementációs előnyökön túl a „predesztinációs” megközelítés bizonyos szempontból közelebb áll a valósághoz, hiszen a modell alapfeltevése, hogy a legmagasabb iskolai végzettségnek rendkívül jelentős hatása van az egyén döntéseire. Kiváló példa erre a nők gyermekvállalása: érthető okokból a nők többsége legkorábban a tanulmányai befejezése után vagy esetleg az utolsó években vállal gyermeket. Egy egyetemi diploma

megszerzését tervező nő ezért nagyságrendekkel kisebb eséllyel vállal gyermeket a 18. életévének betöltése előtt, mint egy legfeljebb 8 általánost végzett társa. Az iskolai pályafutás modellezése esetén az említett két nő döntő tulajdonságai meg egyeznének 16 éves korukban, így mindkettejük ugyanolyan eséllyel esne teherbe. A valóságban persze előfordulnak nem tervezett terhességek, melyek megváltoztatják a nők hosszú távú terveit. Azonban a napjainkban a fejlett országokban elérhető, megbízható fogamzásgátlási módszerek miatt a teherbe esés időpontja könnyen befolyásolható, ezért realisabb a kauzalitás azon iránya, miszerint a nők tervei befolyásolják a gyermekvállalás idejét, és nem fordítva.

Számos kutatás foglalkozik azzal, hogy mi befolyásolja az egyének iskolaválasztását és általában az életük során elért legmagasabb iskolai végzettséget. Ezen kutatások jellemzően a környezeti hatásokkal magyarázzák az egyén döntéseit: a családi háttér, az életviszonyok, a barátok és a közösség mind fontos szerepet játszanak az életpálya alakulásában (Brooks, 2003). Az említett viszonyok azonban nehezen számszerűsíthetőek, így gyakorlatilag nem léteznek ezekkel kapcsolatos adatgyűjtések, ráadásul a modellbe történő implementálásuk jelentős erőforrásokat emésztene fel a szimuláció során, ezért további egyszerűsítés szükséges. Az egyének környezetét elsősorban a szülők és azok kapcsolatai határozzák meg fiatal korban, míg idősebb korban feltehetően a korábbi tapasztalatok és ismeretségek alapján alakítják ki a saját kapcsolati hálójukat. A szülők közössége viszont erősen függ a társadalmi helyzetüktől, melyet – az előző bekezdésekben leírtak szerint – a vizsgált modellekben elsősorban a legmagasabb iskolai végzettség határoz meg. Figyelembe véve, hogy az adatgyűjtések alapján erősen korrelál a szülők és a gyermekek iskolai végzettsége (Andor/Liskó, 2000), ez az egyszerűsítés feltehetően nem eredményez jelentős hibát a projekcióban. A legmagasabb iskolai végzettség meghatározása esetén – más paraméterekhez hasonlóan – a szülők végzettsége mellett az életkor és a nem lenne a két meghatározó alaptulajdonság. Azonban a predeterminált végzettség miatt az életkor nem befolyásolhatja a paramétert, így csak az egyén neme jelenik meg befolyásoló tényezőként.

Az iskolai végzettségek közti kapcsolatok felmérése érdekében a szülők és az utódaik tulajdonságait egyszerre vizsgáló adatgyűjtésekre van szükség. A Magyar Háztartási Panel (MHP) és a Háztartások Életút Változása (HÉV) a Társadalomkutatási Intézet Zrt. (TÁRKI) és a KSH közös kutatásának az eredménye. A statisztikákhoz

tartozó adatgyűjtéseket 1992 és 1997 között évente megismételték, és a kérdéseik során kitértek a szülők iskolai végzettségére is, függetlenül attól, hogy az egyén szülei a megkeresett háztartásban éltek-e. Az adatgyűjtések nem egy országosan reprezentatív mintán történtek, és mindössze kb. 7000 egyénre terjedtek ki. Ennek ellenére az eredmények lehetőséget adnak a valósághoz közeli paraméterek becsléséhez. A kapott paramétereket azonban körültekintően kell kezelni. Az MHP-HÉV kutatások alapján felépíthető egy átmenet valószínűségi mátrix (továbbiakban szülő-gyermek mátrix), mely megmutatja egy egyén legmagasabb iskolai végzettségének alakulását a neme és a szülei iskolai végzettségének függvényében. Mivel a jelenlegi modellben a szülők párkapcsolati vonatkozásai nincsenek kezelve, a mátrix részben egyszerűsödik, hiszen elegendő az anya végzettségét figyelembe venni. A szülő-gyermek mátrix felépítése során komoly problémát jelent – az alacsony mintaelemszám mellett – a válaszadás megtagadása és a gyakori „nem tudom” válaszok megjelenése. A hiányzó esetek nagy valószínűséggel az alacsonyabb végzettségi kategóriákba eső családok statisztikáit fedik el. A mátrixszal kapcsolatos bizonytalanság miatt annak több különböző változata (a pontos értékeket lásd a D mellékletben) is implementálásra kerül a modellben.

Alap szülő-gyermek mátrix

A hiányzó válaszoknak és a jelenlegi tankötelezettségi szabályoknak köszönhetően elenyésző az érettségénél alacsonyabb várható legmagasabb végzettségek valószínűsége a mátrixban. Ennek következtében a mátrix – a valós trendeknek megfelelően – a legmagasabb végzettségi kategóriák felé mozdítja el a népesség iskolázottság szerinti eloszlását.

Pesszimista szülő-gyermek mátrix

Az alap mátrix azonban nem feltétlenül fedi a valóságot. Elképzelhető, hogy a jelenlegi fiatal generáció nem törekszik magasabb végzettségre, mint a szülei. Ezt a feltételezést modellezi a mátrix pesszimista változata, melyben a gyermekek a mért adatoknál sokkal nagyobb valószínűséggel (általában 75%) maradnak meg a szülők – jelen példában az anya – végzettségi szintjén.

Optimista szülő-gyermek mátrix

Az egyre magasabb követelmények mellett nehezen elképzelhető a pesszimista szcenárió, így valószínűbb, hogy a gyermekek ambiciózusak, és valamivel magasabb végzettségre töreksenek a szüleiknél. Az optimista mátrix jelentősen eltolja a valószínűségeket a magasabb végzettségek irányába. Ebben az esetben a legtöbb gyerek magasabb végzettségi szinten lesz, mint a szülei, de biztosan nem lesz alacsonyabb a végzettsége. Ráadásul, minden a rendszerben született egyén legalább középfokú végzettséggel fog rendelkezni.

6.3.5. Kiinduló populáció

A modell induló populációjának felépítéséhez szükség van egy, a népesség jelentős részét lefedő adathalmazra, mely az összes releváns tulajdonsággal kapcsolatban tartalmaz információt. Általában önmagában nem áll rendelkezésre ilyen jellegű adatforrás, ezért több különböző adathalmazból kell felépíteni a szimuláció induló populációját.

Csoportosítás

Az adott évnek megfelelő induló populáció felépítése során nem szükséges a közel tíz millió személy adatait eltárolni. Elegendő – a kohorsz-komponens módszerhez hasonlóan – az egyes releváns tulajdonságok (pl.: nem, végzettség) diszkrét értékei alapján meghatározott n dimenziós térben a csoportok lélekszámát meghatározni. A lélekszám egy népszámlálási év esetén a csoportba tartozó személyek számaként, míg mikrocenzus év esetén a megfelelő csoportok súlyainak összegeként áll elő. Ez a megközelítés jelentősen megkönnyíti az induló populáció tárolását és szükség esetén az összetételének megváltoztatását. Utóbbira azért van szükség, mert a közzétett adathalmazok csak adott csoportosításokban érhetőek el az online felületeken, és nem feltétlenül felelnek meg a tervezett csoportbontásnak. A modell építése során azonban szempont volt a könnyű reprodukálhatóság, és lehetőség szerint csak a könnyen elérhető adathalmazok kerültek felhasználásra, így néhány esetben az egyes csoportok súlyait más adatforrások alapján kellett korrigálni vagy tovább bontani.

A keresztmetszeti adatgyűjtések során közzétett táblázatokban általában megtalálható a népesség megoszlása korcsoport, nem és legmagasabb iskolai végzettség szerint. A gyermekek száma tekintetében azonban már nincsenek tovább bontva az adatok – vagy, ha szerepel a gyermekek száma, akkor a végzettségek szerinti bontás hiányzik. A vizsgált modellben nincsenek követve a párkapcsolatok, és a gyermekek száma csak a nők szülési valószínűségét befolyásolja. Ezért elegendő, ha csak a nők esetében van tárolva a gyermekek száma, míg a férfiak esetén ez a tulajdonság minden esetben nulla marad. A nők korcsoport, végzettség és gyermekek szerinti bontása viszont becsülhető a KSH-tól igényelt adattáblák alapján (lásd 6.3.3. fejezet), így a rendelkezésre álló adatok alapján felépíthető az induló populáció.

Korcsoportok felbontása

Bizonyos adathalmazok esetén csak korcsoportos bontásban érhetőek el az adatok, a keretrendszer működéséhez azonban minden vizsgált korévre (0-110) külön kell meghatározni a súlyokat. A legegyszerűbb megközelítés, a meglévő csoportok egyenletes eloszlás mentén történő felbontása. Tehát például, ha a diplomás férfiak 30-34 éves korcsoportjába 100 személy tartozik, akkor a kiinduló populációban 20 lesz a diplomás 34 éves férfiak száma. Ez a megoldás elfogadható lehet az 5 éves intervallumot lefedő korcsoportok esetén, de a legidősebb korcsoportban – ami akár 85-110 évig terjedhet – már problémákat vet fel. Értelemszerűen nem lesz ugyanannyi 85 éves, mint 110 éves a népességben. A népesség eloszlásának becslése ebben az intervallumban a Gompertz eloszlás alapján végezhető. (Vékás, 2016)

Fiatalok végzettsége

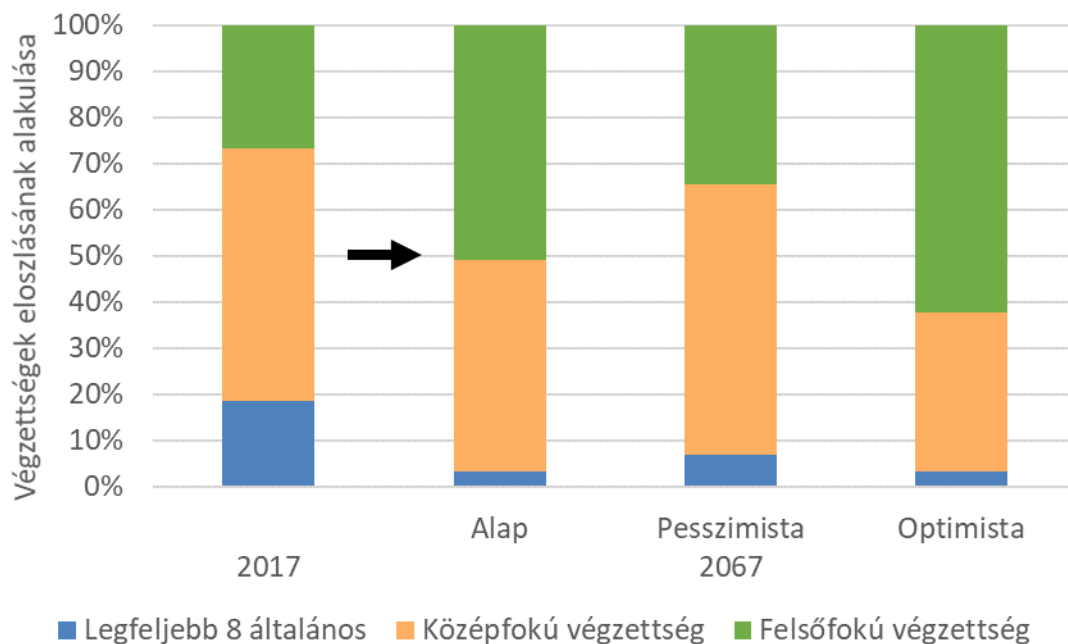
A modell determinisztikus végzettségeket vesz alapul a személyek tulajdonságainak alakulása során (lásd 6.3.4. fejezet). Ez az adat azonban értelemszerűen nem áll rendelkezésre az adatfelvételek időpontjában. Feltehető, hogy egy 25 év feletti személy már elérte a legmagasabb iskolai végzettségét, a fiatalabbak esetén azonban elengedhetetlen a várható végzettségek statisztikai alapon történő hozzárendelése. A cél a fiatalok esetén minden az életkor és a nem által meghatározott csoportra a személyek végzettség szerinti eloszlásának közelítése. A nők esetén ismertek a gyermekszámok szerinti megoszlások, melyek alapján később tovább bonthatók a fiatal nők korri-

gált súlyai, ezért a végzettség eloszlások meghatározása során a gyermekszámokkal nem kell külön foglalkozni. A végzettségi eloszlások becslése során fontos figyelembe venni a modell azon előfeltevését, miszerint a gyermekek legmagasabb végzettsége a nemen kívül kizárólag az anya legmagasabb iskolai végzettségétől függ. Tehát a fiatalok jövőbeli karrierjének továbbvezetése helyett elegendő a születésük évében a potenciális anyák számát összegezni a végzettségek szerint lebontva. A potenciális anyák száma meghatározható, mivel ismertek a korábbi évek születésszámai az anyák életkorának és végzettségének függvényében (lásd 6.3.3. fejezet). A k életkorú fiatalok esetén a $t - k$ évben történt születéseket kell összegezni az anya végzettsége szerint. Mivel pedig az anya végzettségének függvényében „ismert” a gyermekek várható végzettségének eloszlása, a szülő-gyermek mátrixból meghatározható a k életkorú fiatalok végzettségek szerinti eloszlása a t évben.

6.3.6. Kiértékelés

A szülő-gyermek mátrixok megváltoztatják a népesség összetételét, de amíg a különböző mátrixok alkalmazásának hatásai a szimuláció elején még elenyészőek, ötven iteráció után már szignifikáns eltérések jelentkeznek az egyes karrier modell változatok között (20. ábra). Jól látható, hogy az optimista modellben a legmagasabb a felsőfokú végzettséggel rendelkezők aránya. A pesszimista modellben a legnagyobb a legfeljebb 8 általánost végzettek aránya, de ez még mindig messze elmarad a kiinduló állapot arányától. Ennek oka az, hogy a kiinduló állapotban az alacsonyabb végzettség elsősorban a legidősebb korosztályokra jellemző, akik a szimulációban már nem vállalnak gyereket, illetve a szimuláció végére már elhaláloznak. A három modell változat tehát az elvárt módon reagált a szülő-gyermek mátrixok módosításaira, így összehasonlíthatók a változtatások hatásai más tulajdonságok esetén is. A végzettség eloszlások részletesebb, idősoros változatainak ábrái megtalálhatók a E függelékben.

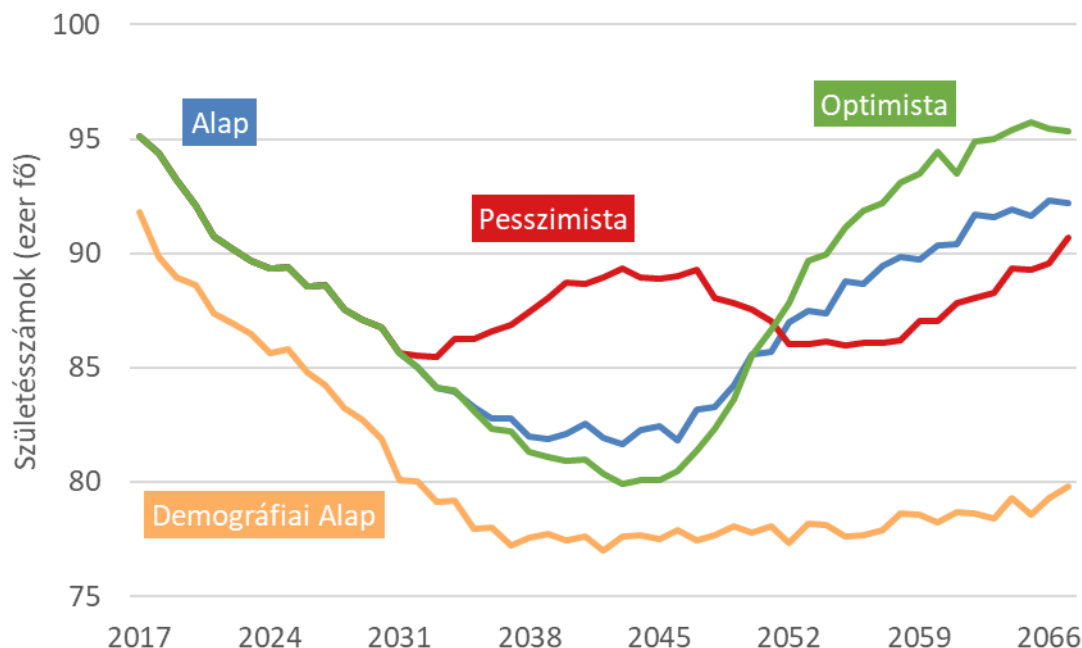
Az egyes karrier modellek alig térnek el egymástól a szimuláció kezdetén. Ennek oka az, hogy a modellek közti egyetlen különbség a szülő-mátrixok felépítése, mely a szimuláció során született gyermekek végzettségét befolyásolja. A végzettség azonban kizárólag a szülési és halálozási valószínűségekre van hatással, melyek közül egyik sem érinti jelentős mértékben a fiatalabb korosztályokat. Tehát az eltérések



20. ábra. Végzettség eloszlások átlagos alakulása az egyes karrier modellek esetén

csak akkor kezdenek láthatóvá válni, amikor az első, már a szimulációban született gyermekek elérik a szülőképes kort. A születések számának alakulásán jól látható a szcenáriók közti különbségek hatása (21. ábra).

A demográfiai alapmodell és a kohorsz modell előrejelzett születésszámai továbbra is együtt mozognak (az ábrán a kohorsz modell nincs külön feltüntetve), viszont jelentősen elmaradnak a karrier modell mutatóitól. Ennek oka, hogy az elmúlt két évtizedben – tehát a paraméter becslések alapjául szolgáló időszakban – a fertilitási ráta csökkenő tendenciát mutatott, és csak az utóbbi néhány évben kezdett el stagnálni, illetve enyhén emelkedni. Így a továbbvezetéshez használt algoritmus csökkenő tendenciát feltételezett a születési valószínűségekben. Az enyhe emelkedés azonban több különböző változás együttes hatásaként állt elő: a fiatalabbak gyermekvállalási hajlandósága az utóbbi években is tovább csökkent, viszont a 30 év feletti nők esetén jelentősen elkezdett növekedni (19. ábra). Ez a növekedés feltehetően szoros kapcsolatban van azzal, hogy egyre többen szereznek felsőfokú végzettséget, és emiatt kitolják az első gyermekvállalás időpontját. Ezért a végzettségenként is lebontott módon előrejelzett szülési valószínűségek pontosabb képet



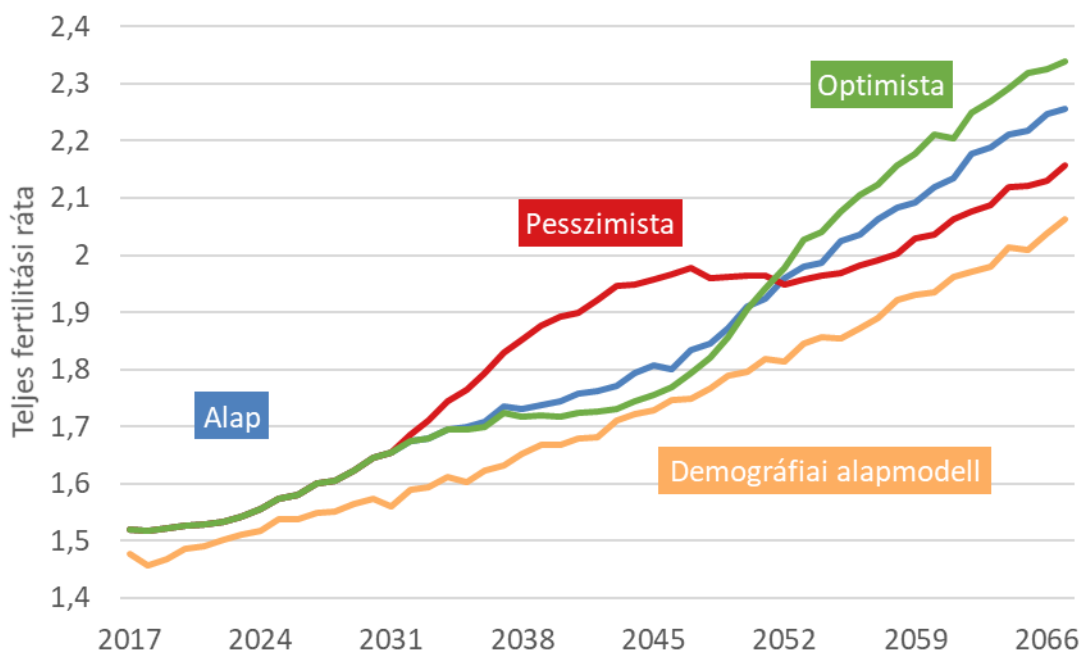
21. ábra. Születés számok alakulása az egyes karrier modellekben

adnak a valós folyamatokról, és jobban kihangsúlyozzák az egyes csoportok növekvő gyermekvállalási hajlandóságát. A növekvő mutatók pedig jelentősen magasabb születésszámokat eredményeznek a karrier modellek esetén.

Az egyes karrier modell változatok közötti különbségek remekül tükrözik az egyes végzettségi csoportok eltérő gyermekvállalási szokásait. A pesszimista modellben megnő a társadalomban az alacsonyabb várható végzettségű fiatalok aránya, így többben vannak azok, akik inkább fiatal korban (20 éves kor körül) vállalnak gyermeket. Ennek következtében, amint a szimulációban szereplők elérik a gyermekvállalási kort, megugrik a születések száma. Az optimista karrier modell esetén ugyanúgy megjelenik ez az ugrás, de mivel ebben az esetben a magasabb végzettségűek aránya nő meg szignifikáns mértékben, a születésszámok csak 15 évvel később kezdenek emelkedni, hiszen az érintettek csak idősebb korban vállalnak gyermeket. Az alap karrier modell pedig valahol a két véglet között mozog, de még ez a változat is jóval magasabb születésszámokat becsül, mint a demográfiai alapmodell.

Úgy tűnhet, hogy a demográfiai alapmodell esetén folyamatosan – bár egyre lassabb ütemben – csökken a születések száma. A fertilitási ráták alakulásából

azonban jól látszik (22. ábra), hogy ez az eset sem marad el jelentősen a karrier modellektől és hasonló trendeket követ, egyszerűen csak pár év csúszással. Az egyes karrier modellek közti különbségek pedig a TFR mutatók grafikonjain is hasonlóan jelennek meg, mint a születésszámok esetén.

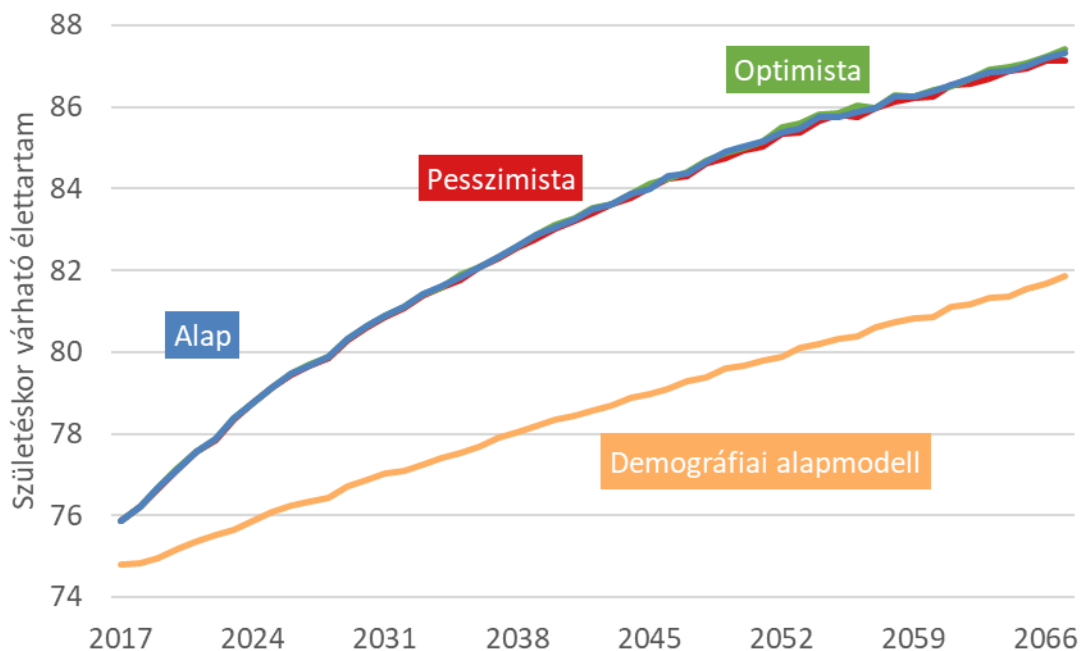


22. ábra. TFR alakulása az egyes karrier modellekben

A karrier modellekben a halálozás valószínűsége függ még közvetlenül az egyének végzettségétől. Az egyes modell változatok éves halálozási számai között viszont nincs jelentős eltérés (23. ábra), hiszen a szimulációban születetteket befolyásolja csak az eltérés. Tehát az érintettek legfeljebb 50 évesek lehetnek, mely életkor előtt még elenyésző a halálozás valószínűsége. Az alap és a karrier modellek közti különbség azonban a születésszámokhoz hasonlóan itt is szignifikáns.

6.4. Társadalmi csoport modell

A különböző kulturális háttérrel rendelkező társadalmi csoportok demográfiai folyamatai között jelentős különbségek vannak, ennek pontos oka azonban nem nyilvánvaló. A jelen alfejezetben bemutatott – a korábban bemutatott karrier modellek



23. ábra. Várható élettartamok alakulása az egyes karrier modellekben

eredményeire épülő – társadalmi csoport modell alapfeltevése, hogy az egyes csoportok közti demográfiai különbségek háttérében nem közvetlenül az eltérő kultúra, hanem közvetett módon az eltérő jövedelmi helyzet – ami a vizsgált modellekben az iskolázottsággal ekvivalens – áll.

A társadalmi csoport modell az előző alfejezetben bemutatott karrier modellre épül, és kibővíti azt három különböző társadalmi csoport bevezetésével:

- Többségi társadalom
- Kisebbségi csoportok
- Bevándorló népesség

A feltevés az, hogy ezek a társadalmi csoportok – a kiinduló összetételük kivételével – kizárólag a csoporton belüli mobilitás tekintetében térnek el egymástól. A csoportok közti egyetlen különbség abban nyilvánul meg, hogy a gyermekek milyen mértékben követik a szüleik nyomdokait, vagyis – mivel a modellekben a társadalmi helyzetet az iskolai végzettség reprezentálja –, hogy milyen módon befolyásolja a szülők legmagasabb iskolai végzettsége a gyermekek legmagasabb iskolai végzettségét.

A társadalmi csoportok közti különbségek a karrier modell eredményei alapján kerülnek implementálásra. A többségi társadalom iskolázottságának alakulását az alap karrier modell szülő-gyermek mátrixa határozza meg. A kisebbségi csoportokra jellemző egy olyan összetartás, mely nehezíti a fiatalok számára a csoportból való kiszakadást. Ennek megfelelően a kisebbségek esetén – a pesszimista karrier szcenárió alapján – a modell feltételezi, hogy a gyermekek nagyobb valószínűséggel választanak a szüleikéhez hasonló pályát. A bevándorlók esetén hasonló összetartó erő jellemző, viszont egy olyan közösség, mely elhagyta a megszokott környezetét egy ismeretlenért cserébe, valószínűleg ambiciózusabb, mint egy másik kisebbségi csoport. Ezért a bevándorlók iskolai végzettségének alakulása az optimista karrier modellnek megfelelően jelenik meg a szimulációban.

6.4.1. Előfeltevések

- Érvényes minden, a karrier modellben fennálló előfeltevés. (lásd 6.3.1)
- A társadalmi hovatartozás nem befolyásolja a szülési valószínűségeket. A csoportok eltérő szülési mintázata az életviteli – tehát jelen modellben az iskolázottsági – különbségekre vezethetőek vissza.
- A társadalmi mobilitás jelentősen korlátozottabb a kisebb közösségekben, ezért a kisebbségi csoportok esetén alacsonyabb annak a valószínűsége, hogy a gyermek magasabb iskolai végzettséget szerez a szüleinél.
- A bevándorló csoportok fogékonyabbak a változásokra, ezért magasabb annak a valószínűsége, hogy a gyermekek a szülőknél magasabb végzettséget szereznek, mint a kisebbségi csoportok esetén.
- A társadalmi mobilitás a társadalmi csoportokon belülre korlátozódik, és nincs mozgás az egyes csoportok között. Nincs asszimiláció.

6.4.2. Kisebbségi csoportok

A szimulációban nem jelent lényegi változtatást a kisebbségi csoportok bevezetése. Elegendő egy elágazással bővíteni az iterációs lépés algoritmusát, mely a társadalmi

csoportba tartozás alapján eldönti, hogy egy születendő gyermek végzettsége melyik szülő-gyermek mátrixot vegye alapul.

A kisebbségi csoportok megjelenése nem változtatja meg a modell induló populációjának lélekszámát sem, kizárólag annak összetételére van hatással. A karrier modellben leírt induló populáció (lásd 6.3.5. fejezet) egy súlyt rendel mindegyik, a vizsgált tulajdonságok alapján meghatározott csoporthoz. A társadalmi mobilitás modell induló populációja ez alapján leírható, a korábbi csoportok lélekszámainak a többségi és a kisebbségi lakosság között történő felosztásával. Tehát az induló populáció meghatározásához elegendő kiszámolni minden a karrier modellben vizsgált tulajdonságok által meghatározott csoport esetén a kisebbségi népességnek az adott csoport teljes lélekszámához mért arányát. Az előfeltevések alapján a társadalmi csoportba tartozás nem befolyásolja az egyének gyermekvállalási hajlandóságát, így a karrier modellben leírt csoportbontásból figyelmen kívül hagyható a gyermekek száma szerinti bontás.

A KSH online felületén megtalálhatók a kisebbségi csoportok lélekszámai korcsoport, nem és legmagasabb iskolai végzettség szerinti bontásban a 2011-es népszámlálás adatai alapján. Az adatok felhasználása során azonban fontos figyelembe venni a 2011-ben érvényes szabályozásokat (lásd 4.3. fejezet). A népszámlálás évében már az egyén saját bevallása alapján került meghatározásra a nemzetiségi hovatartozása, és az ezzel kapcsolatos válaszadást bárki megtagadhatta. Ennek következtében a kevesebb, mint 10 millió lakosból több, mint 1 millióan megtagadták a válaszadást. A korábbi évek mutatói alapján a cigányság számít Magyarország legnagyobb kisebbségi csoportjának, de a népszámláláson mindössze 300.000 ember vallotta magát cigánynak.

A számos hiányzó adat miatt a modell egyetlen általános kisebbségi csoportot határoz meg, melybe beleszámítja minden nemzetiség és a választ megtagadók lélekszámát is, azzal a feltételezéssel élve, hogy a válaszadást többségében a kisebbségi csoportba tartozók tagadják meg.

A népszámlálás során lehetőség volt egynél több nemzetiségi hovatartozást is megjelölni, így az egyes csoportok létszámainak összege 600.000 fővel nagyobb a teljes népességnél. Ennek következtében a kisebbség arányai a megfelelő tulajdonságcsoporthoz tartozó összegzett lélekszám alapján kerülnek meghatározásra, a valós népességcsoport lélekszáma helyett.

A kisebbségi arányok megállapítása esetén hasonló problémák merülnek fel, mint a karrier modellek kiinduló populációja kapcsán. A fiatalok várható végzettségének és az idős korcsoportok lélekszám eloszlásának meghatározása az ott leírtaknak megfelelően valósult meg. (lásd 6.3.5. fejezet)

6.4.3. Határon túli magyarok

A nemzetközi vándorlással kapcsolatos statisztikák rendkívül hiányosak, ráadásul nehéz definiálni, hogy ki tekinthető be- és kivándorlónak. Kérdés például, hogy egy több éve külföldön élő magyar a hazatérése évében bevándorlónak számít-e, vagy egy külföldre költöző állampolgár milyen feltételek mellett számít kivándorlónak.

Az adatokkal kapcsolatos bizonytalanságból adódóan a társadalmi mobilitás modell nem kíséri meg megbecsülni a jövőbeli bevándorlási statisztikákat. A modell folyamatos és egyenletes hazavándorlást feltételez a határon túl élő magyarokkal kapcsolatban, és évente pontosan 10.000 bevándorló magyarral számol. Ezek a paraméterek könnyedén helyettesíthetők a megfelelő előrejelzett mutatókkal, azonban ezek szakértői becslése túlmutat jelen értekezés keretein.

A Simulation Framework lehetőséget ad a bevándorlók éves szintű modellezésére, de ennek a modulnak egy meglévő adathalmazból kell mintavételeznie a megadott szabályrendszerek alapján. A nagy adathalmazokból történő mintavételezés számítási igénye rendkívül magas, viszont, mivel a jelenlegi példában kizárólag bevándorlók szerepelnek, egy egyszerű megoldással elkerülhető a bevándorló modul alkalmazása, ezzel szignifikáns mértékben csökkenthető a szimuláció futási ideje.

A modellben bevezetésre kerül egy újabb tulajdonság, mely az egyének aktivitását hivatott jelezni. A tulajdonság azt tárolja, hogy melyik szimulációs évtől kezdve aktív egy adott személy. A kiinduló populáció esetén ez az év a szimuláció éve, míg bevándorló személyek esetén a bevándorlás éve. Így technikai szempontból a bevándorló egyének, mint „alvó ügynökök”, már a szimuláció kezdetétől jelen vannak, de – egy az iterációs lépés elején végrehajtott elágazásnak köszönhetően – csak a bevándorlási évüktől fogva kezdenek el részt venni a demográfiai folyamatokban.

Ezt a megközelítést alkalmazva elegendő kibővíteni az induló populációt a megfelelő bevándorlók csoportjaival. Egy algoritmus minden szimulációs évre, véletlenszerűen kiválaszt 10.000 egyént az eredeti induló populációból, majd ezeket lemásolja,

és beállítja hozzájuk az adott szimulációs évet az aktivitás kezdőévének. A mintavételezés egy 30 év átlagú és 15 éves szórású normális eloszlásnak megfelelően történik.

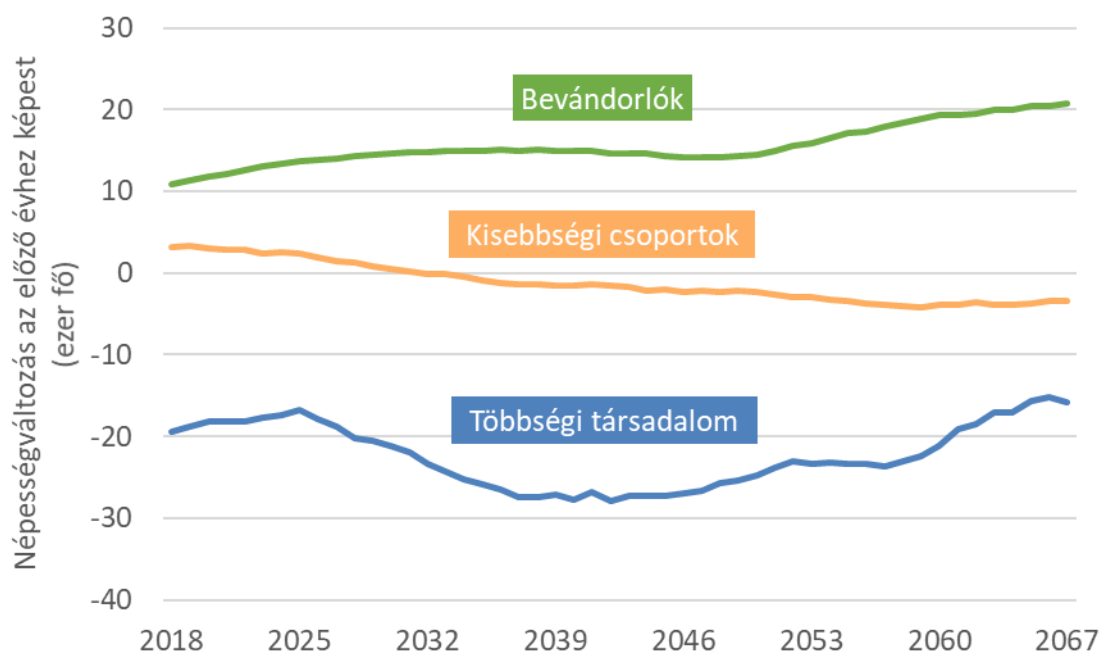
6.4.4. Kiértékelés

A társadalmi csoport modell olyan csoportok demográfiai folyamatait szimulálja, melyek tagjainak általános társadalmi helyzete – azaz végzettsége – eltérő ütemben változik. A gyermekvállalási hajlandóságok pedig a társadalmi helyzet függvényében alakulnak (24. ábra). Az ábrán látható, hogy a kisebbségi csoportok egyre nagyobb ütemben veszítenek a népességükből, míg a többségi társadalom a szimuláció végére javuló trendet mutat. Ennek oka a végzettségek és a szülési valószínűségek hosszú távú trendjében keresendő. Az alacsony végzettségű csoportok szülési valószínűségei évről évre, egyre kisebb mértékben ugyan, de csökkenek, míg az iskolázottabb rétegek gyermekvállalási hajlandósága növekszik. A historikus adatok alapján történő előrejelzés (lásd 6.3.3. fejezet) még jobban felerősíti a két eset közti különbséget, így a hosszú távú előrejelzés során a pesszimista karrier modellt követő kisebbségi csoport születéseinek száma folyamatosan csökken.

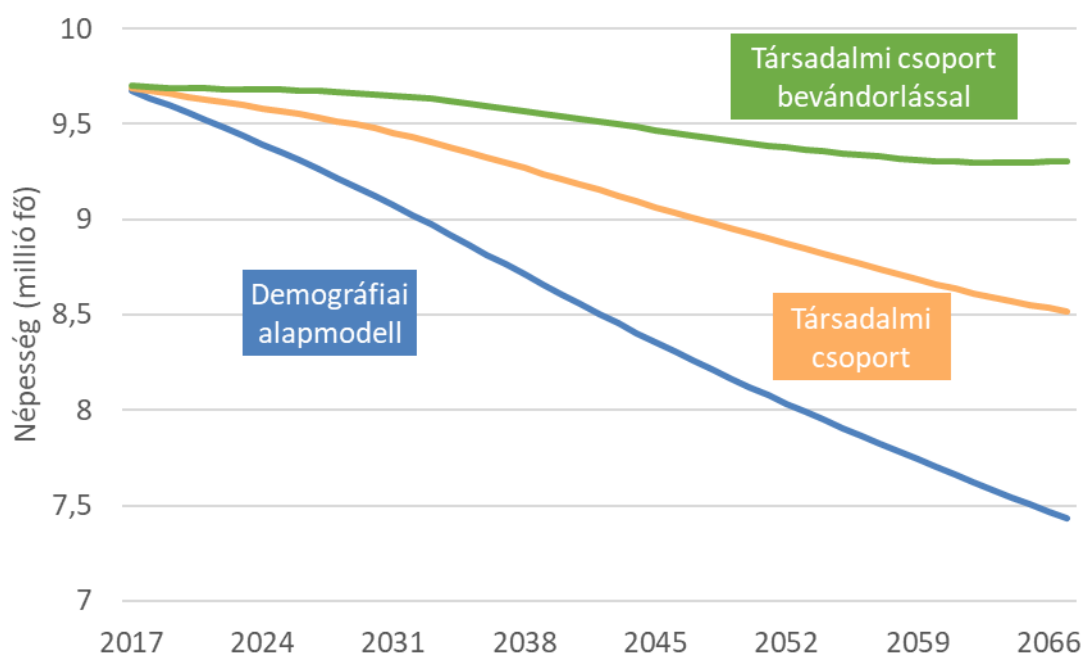
A bevándorlók csoportja esetén a népesség növekedés két részből tevődik össze: az évente érkező bevándorlókból (jelen modellben fixen 10.000 fő) és a bevándorlók gyermekeiből. Az egyre növekvő bevándorló réteg lélekszáma növekvő ütemben emelkedik, hiszen egyre több nőnek van esélye gyermeket szülni. A szimuláció vége felé azonban már a kezdetben született bevándorló gyermekek is eléri azt az életkort, amikor már számottevő a halálozás valószínűsége. Így az utolsó évekre a bevándorló népesség növekedési üteme kis mértékben csökkenni kezd.

Az egyes csoportok mutatóit összegezve a társadalmi mobilitás modell összehasonlítható a demográfiai alapmodell eredményeivel (25. ábra). Az ábrán jól látható, hogy az alap modell népessége, még a bevándorlók elhagyása esetén is sokkal gyorsabban csökken, mint a komplex folyamatokat implementáló társadalmi mobilitás modellé.

Tehát a demográfiai folyamatok részletes modellezése felszínre hozta a gyermekvállalási hajlandósággal kapcsolatos trendek pozitív oldalát, szignifikánsan magasabb népesség számot eredményezve ezzel a továbbvezetésben. Ez a hatás egy



24. ábra. Az egyes társadalmi csoportok lélekszámának változásai



25. ábra. A társadalmi mobilitás hatása a népesség alakulására

kevésbé részletezett kohorsz-komponens modellben rejtve marad, és pesszimistább eredményeket produkál. A társadalmi csoport modell mutatói nagyságrendileg megegyeztek az alap és a kohorsz modellekkel, tehát feltehető, hogy a modell eredmények alkalmasak összehasonlító elemzésre, és nincs lényegi, logikai tévedés a modell szabályrendszerében. A szimulációs modellezés – és a keretrendszer – alkalmas a komplex társadalmi folyamatok modellezésére, és az elérhető adatforrások alapján szignifikánsan különböző eredményt produkál, mint egy egyszerűbb modell.

6.5. Nyugdíj modellek

Az előző alfejezetekben bemutatott modellek elsődleges célja, hogy megteremtsék a különböző nyugdíjmodellek demográfiai alapját. A mikroszimulációs módszertan alkalmazható olyan nyugdíjmodellek esetén is, melyekben a várható nyugellátás vagy a jövedelmek alakulása hatással van az egyének döntéseire (Mészáros, 2005), és így befolyásolja a demográfiai folyamatokat. Az elemzések fókuszában azonban a modellek összehasonlíthatósága áll, így az átláthatóság érdekében nem kerültek implementálásra ehhez hasonló visszacsatolások.

Jelen értekezés egyik célja megmutatni, hogy a mikroszimulációs módszertan segítségével elemezhetőek az egyes nyugdíjreform tervezetek hosszú távú hatásai. A tényleges reformok és nyugdíj modellek kidolgozása azonban messze túlmutat az értekezés keretein. Simonovits András „Nyugdíjmodellek” című munkája (Simonovits, 2007) kifejezetten azt a célt szolgálja, hogy a nem közgazdász végzettségűeket egyszerű modellek segítségével ismertesse meg a nyugdíj kutatások eredményeivel. A továbbiakban bemutatott nyugdíjmodellek felépítése és az előfeltevések ezen a cikken alapulnak. Ebben az alfejezetben három különböző nyugdíj modell kerül bemutatásra: egy szolgálati idővel arányos, egy fix alapnyugdíjat alkalmazó és egy hibrid megoldás, mely az alapnyugdíjat az arányos nyugdíj felével kombinálja. Mindhárom modell esetén ugyanazok az előfeltevések érvényesek.

Mivel a modellek közgazdasági értelemben véve viszonylag egyszerűek, az infláció és valorizáció ugyanazon értékkel való szorzást és osztást jelentene bennük. Ennek a két tényezőnek ezért nincs jelentősége egy olyan, nem prediktív jellegű előrejelzésben, melyben nem lényeges a mutatók pontos értéke, hiszen csak azok változásán van a hangsúly.

Az elemzések elsődleges célja a nyugdíjrendszerek adekvátságának és pénzügyi fenntarthatóságának vizsgálata az egyes nyugdíjmodellek függvényében. Ennek érdekében az elemzések az aktív és nyugdíjas népesség jövedelemeloszlásának, valamint az aktuális rendszer járadék bevételeinek és nyugdíj kiadásainak meghatározására fókuszálnak. Utóbbi két mutató értékét azonban jelentősen befolyásolhatják olyan exogén hatások, mint a nyugdíjkorhatár megváltozása vagy egy hirtelen, de nem tartós gazdasági fellendülés. Jelen fejezet ezen jelenségek hatásainak vizsgálatára is kitér.

6.5.1. Előfeltevések

- Érvényes minden, a társadalmi csoport modellben fennálló előfeltevés. (lásd 6.4.1)
- Nincs infláció, és a nyugdíjalap nem valorizált értékeken alapul.
- A jövedelmek és azok növekedési üteme elsősorban az egyén iskolai végzettségétől függnnek.
- A munkavállalói státusz a pályakezdés időpontjától eltekintve mindig csak a legutóbbi év státuszától függ.
- A nők szüléskor mindig egy éves szülési szabadságra mennek (GYES).
- A jövedelmek a munkában töltött évekkkel arányosan emelkednek.
- Fix járulékkulcs érvényes mindenkire.
- Minden egyén a tanulmányai végétől kezdve egészen a nyugdíjkorhatárig dolgozhat, tehát nincs korengedményes nyugdíj.
- A nyugellátás célja az aktív időszakban megszokott életszínvonal fenntartása.

6.5.2. Jövedelem és járulékok

Az egyes személyek pontos jövedelmével és foglalkoztatásával kapcsolatos adatok mind rendelkezésre állnak az ONYF adatbázisában, hiszen mindezekre szükség van

a nyugdíj kalkuláció során. Ezekhez az adatokhoz azonban értelemszerűen csak külön engedéllyel lehet hozzáférni. Jelen kutatás elsősorban a modellek megvalósíthatóságára fókuszál és nem a pontos előrejelzésre. Ezért a jövedelem kalkuláció fiktív mutatókra épül, amennyiben viszont rendelkezésre állnak az adatok, ezeket elég egy táblázatban átírni.

A modellekben a jövedelem kizárólag az egyének iskolai végzettségétől függ. A 2. táblázatban találhatók az egyes végzettségi szintekhez tartozó alap jövedelmek, az egy munkában töltött év során elért bérnövekedés és a munkába állás életkora. A szolgálati idők modellezése a Nyugdíj és Időskori Kerekasztal 2010-es jelentésében bemutatott mikroszimulációs modellben használt megoldáson alapszik. (Holtzer, 2010) Egy adott személy adott évi szolgálati ideje mindig az előző évben munkában töltött ideje alapján dől el egy valószínűségi eloszlás alapján. Hat különböző munkavállalói státusz szerepel a modellben:

- Egész évben dolgozott (A)
- Az év legalább 3/4-ében dolgozott (B1)
- Az év legalább 1/2-ében dolgozott (B2)
- Az év legalább 1/4-ében dolgozott (B3)
- Az év legfeljebb 1/4-ében dolgozott (B4)
- Egész évben nem dolgozott (G)

A fiatalok nem dolgoznak (G), de a tanulmányaik befejezésével – végzettségtől függően eltérő életkorban – azonnal munkába állnak, és az első évben mindenképp dolgoznak (A). Ettől kezdődően egy átmenet valószínűség mátrix (3. táblázat) határozza meg az egyes egyének munkában töltött idejét egészen a nyugdíjkorhatár elérésig, ami után megint a „nem dolgozott” státuszba kerülnek. A nők szülés után minden esetben igénybe veszik az egy éves GYES-t, így ők a szülés évében nem dolgoznak. Az ONYF-ben léteznek olyan adathalmazok, melyek alapján egy ehhez hasonló Markov-folyamat átmenet valószínűségi mátrixa felépíthető lenne, azonban ezek a szerző számára nem voltak hozzáférhetők. Ezért a modellben a kerekasztal jelentésben (Holtzer, 2010) szereplő táblázat módosított értékei szerepelnek. Az átmenet valószínűségeket érdemes lenne az életkor, nem és iskolai végzettség szerint

lebontott csoportokra külön meghatározni, jelen esetben azonban mindegyik csoport mutatói megegyeznek.

Végzettség	Alap jövedelem	Bérnövekedés	Munkaviszony kezdeté
Legfeljebb 8 általános	0,5 Ft	3%	15 év
Középfokú	1 Ft	4%	19 év
Felsőfokú	1,5 Ft	5%	25 év

2. táblázat. Jövedelmek és munkaviszony alakulása a végzettség függvényében

Előző státusz	A	B1	B2	B3	B4	G
A	84,80	10,47	1,65	1,07	0,68	1,32
B1	46,04	30,88	8,90	5,79	4,37	4,02
B2	28,59	20,41	13,64	11,68	10,41	15,27
B3	20,80	14,98	12,54	13,84	13,00	24,85
B4	11,39	10,51	10,46	12,17	19,54	35,94
G	2,50	4,47	5,12	6,42	9,71	71,78

3. táblázat. Szolgálati idő átmenet-valószínűség mátrixa

A jövedelmek minden egyes munkában töltött év után a megadott százalékkal nőnek (2. táblázat), de a növekedés csak egy teljes ledolgozott év után jelentkezik. Tehát, ha egy egyén például négy éven keresztül csak az év negyedében dolgozott, akkor csak a negyedik év után kapja meg az emelést.

A szimuláció során a fent leírt szabályok alapján meghatározhatók a jövedelmek. A későbbi nyugdíj számításokhoz azonban szükség van az egyének teljes életpálya jövedelmére, tehát ismerni kell a szimuláció kezdete előtti értékeket is. Ezek meghatározása szintetikus megközelítéssel történik (lásd 4.7.3. fejezet) a szimuláció elején. Ekkor a legidősebb egyén születésének évétől elindul egy másodlagos szimuláció, melynek minden évében hozzáadódik az egyének jövedelme és szolgálati ideje egy-egy személyes aggregált változóhoz. Így a szimuláció első évében rendelkezésre áll minden szükséges historikus adat, tehát az alkalmazott nyugdíjrendszertől függetlenül meghatározhatók a nyugdíjak.

A nyugdíjrendszerek pénzügyi fenntarthatóságának vizsgálatához szükség van a járulékok meghatározására is. A pontos járulék szabályozások implementálása nem változtatná meg jelentős mértékben az eredményeket, ezért a járulékkulcs minden egyén esetén változatlanul 20%. (Simonovits, 2007)

6.5.3. Öregségi nyugdíj járadék

Az arányos nyugdíjmodellben az egyének nyugellátása a szolgálati idejük függvényében kerül meghatározásra. A Simonovits-modell az alábbi egyszerű képlettel írja le az arányos nyugdíjat:

$$b = \Theta R w (1 - \tau) \quad (6.5.1)$$

Ahol b az egyén éves nyugdíja, R a szolgálati ideje és w az éves átlagkeresete. A τ a járulékkulcs, tehát az $R w (1 - \tau)$ az egyén teljes életpályája alatt megteremtett jövedelmét jelöli. A Θ (0,02) egy éves szorzó tényező, mely számos különböző tényezőtől függhet (pl.: várható élettartam, becsült fogyasztás nyugdíjas korban, stb.). (Simonovits, 2007) Ezt a megközelítést veszik alapul a fejezetben bemutatott modellek is, melyekben szerepel a szolgálati idő szerinti szorzó is:

$$b = P \theta w (1 - \tau) \quad (6.5.2)$$

Ahol a P a szolgálati idővel arányos nyugdíjszorzó (F melléklet), a θ pedig az átlag jövedelem és a nyugdíj közti arányszám. Ezek szorzata az eredeti képlet ΘR részének felel meg, de ebben az esetben a szolgálati idő hatása külön kerül, és az arányossági tényező az átlag jövedelemhez viszonyul a teljes helyett. Az eredeti modell feltételezése szerint a szolgálati idő pont kétszerese a nyugdíjban töltött éveknél. A szolgálati idők bevezetése és a modellekben egyre emelkedő várható élettartamok miatt azonban ez az arány felborulna. A szorzó precíz meghatározása nem tartozik jelen értekezés fókuszába, ezért a θ értéke a szimulációs tapasztalatok alapján, önkényesen 0,7 a bemutatott modellekben. Ez az érték a Simonovits-modellhez hasonló eredményeket produkál. Ezek alapján a modellekben a nyugdíjak meghatározása a következő képlet szerint történik:

$$b = P[\alpha(\theta w(1 - \tau)) + (1 - \alpha)b_0] \quad (6.5.3)$$

Ahol b_0 az alap nyugdíj értéke, α pedig az aktuális nyugdíjrendszerhez kapcsolódó szorzó tényező, mely az arányos és az alap nyugdíjak arányát határozza meg. Utóbbi értéke az alap, a hibrid és az arányos rendszerek esetén rendre 0, 1/2 és 1. A képletből látható, hogy az alapnyugdíj jelen esetben a szolgálati idővel arányos, tehát a mértéke csak munkában töltött időtől, és nem annak „minőségétől” függ. Ez a megoldás csökkenti a különböző jövedelmi rétegek nyugdíjai közti különbséget, de nem akadályozza meg teljesen az elszegényedést, hiszen a 15 év alatti szolgálati idő esetén semmilyen nyugdíjra nem jogosult a munkavállaló.

A hibrid nyugdíjmodell a létminimum biztosítása mellett (alapnyugdíj) a fent leírt arányos nyugdíj felét biztosítja az öregségi nyugdíjban részesülők számára. A létminimum meghatározása az egyik leginkább vitás kérdés a nyugdíj kutatásban, becslése messze túlmutat jelen értekezés keretein, ezért a bemutatott modell egyszerűen a legalacsonyabb jövedelemmel rendelkező csoport átlagjövedelmét tekinti létminimumnak.

A pusztán alapnyugdíjat alkalmazó modell viszonylag távol áll a gyakorlatban alkalmazott megoldásoktól, és elsősorban kontroll szerepet tölt be. Az idősök megfelelő életszínvonalának biztosítása a létminimumnál jelentősen magasabb költségeket igényel. Figyelembe véve, hogy a hibrid modellben – megfelelően megválasztott szorzó esetén – az arányos rész nagy valószínűséggel magasabb, mint a létminimum: a pusztán alapnyugdíjat alkalmazó megoldás esetén a nyugdíj legalább a létminimum kétszerese kell, hogy legyen. Ez alapján a bemutatott modellben az alapnyugdíj a létminimum 200%-a.

6.5.4. Kiértékelés

A bemutatott nyugdíjmodellekben nincsenek komplex visszacsatolások, ezért a különböző nyugdíjrendszerek nem befolyásolják a népesség alakulását, és a jövedelmek, illetve a járulék befizetések is változatlanok. Kizárólag az egyes személyek nyugdíjai változnak, így könnyen összehasonlítható az egyes rendszerek adekvátsága és pénzügyi fenntarthatósága is.

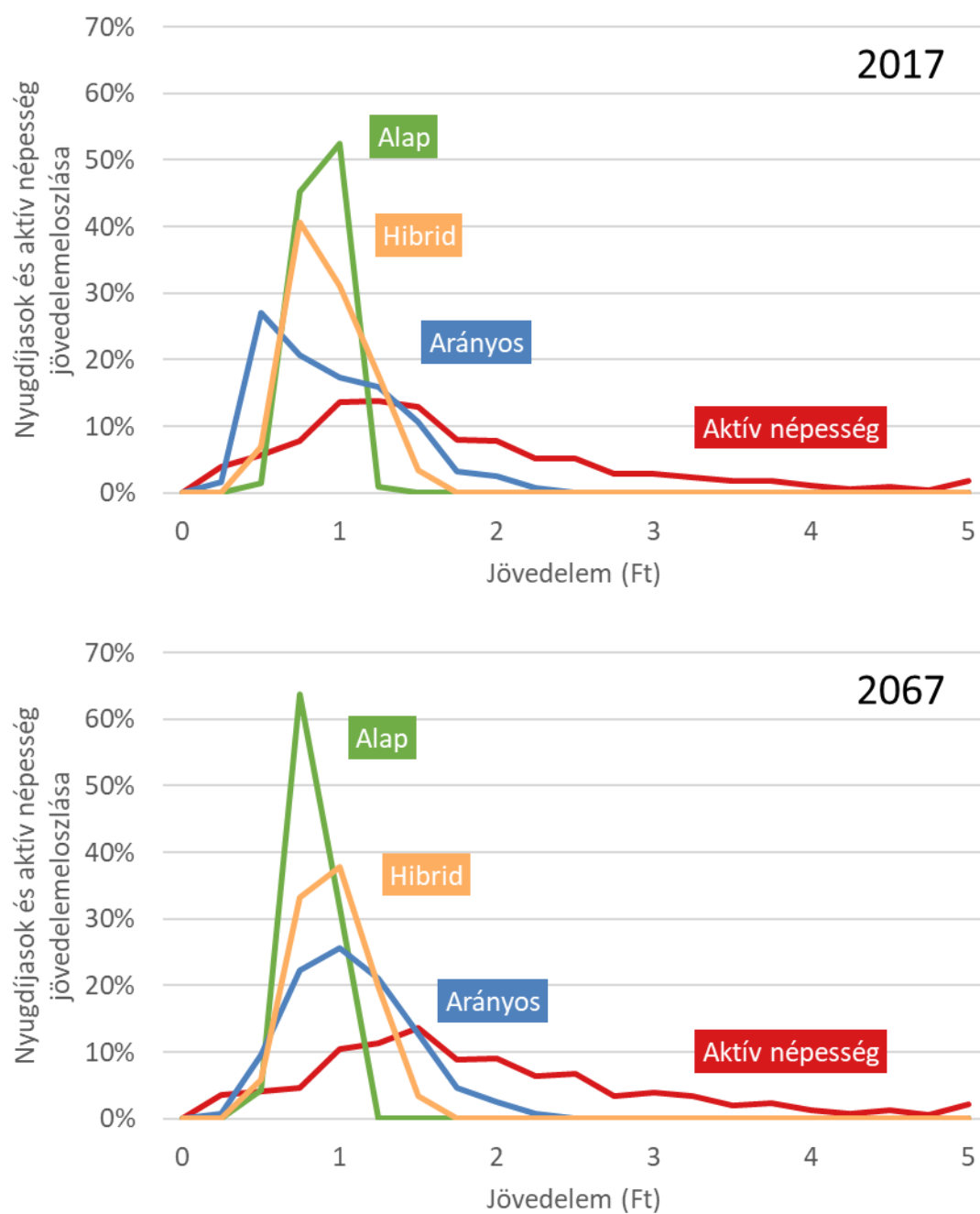
Adekvátság

Egy „hagyományos” előrejelzési módszertan alkalmazása esetén csak az átlag jövedelmeket és azok szórását lehetne meghatározni az egyes csoportok szintjén. A mikroszimuláció azonban lehetőséget ad a pontos eloszlások vizsgálatára is. A 26. ábrán a százalék az adott csoportba (aktív dolgozó vagy nyugdíjas) tartozók arányát jelöli. Jól látható, hogy a kiinduló állapotban (2017) az arányos nyugdíjrendszer esetén vannak a legnagyobb arányban az alacsony nyugdíjjal rendelkezők. A szimuláció során ez az eloszlás folyamatosan átrendeződik. Az alap nyugdíj esetén az évek előre haladásával egyre jobban elmarad a nyugdíjasok jövedelme az aktív népességtől. Ennek oka, hogy az infláció hiánya ellenére az átlag fizetések folyamatosan nőnek, mivel egyre több a magasabb végzettségű aktív dolgozó. A változó nyugdíjak esetén (már a hibrid modellben is) az eloszlás az aktív népességéhez hasonló módon tolódik el a magasabb jövedelmek felé. Tehát a rendszer adekvátsága nehezen fenntartható a fix alap nyugdíj esetén.

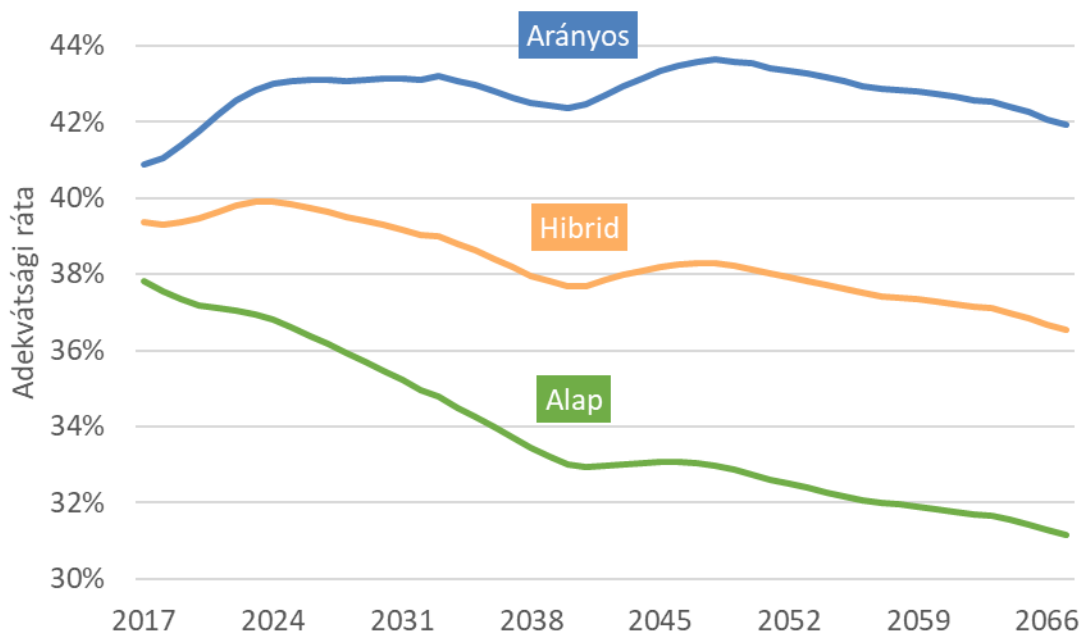
Ezt támasztja alá a következő, 27. ábra is, melyen az átlagos nyugdíj és az átlagos jövedelem hányadosaként előálló adekvátsági ráta (Freudenberg/Berki/Reiff, 2016) változásai láthatók. Az alap modell rátája jelentősen elmarad a másik két modelltől, és a modellek közti különbségek is folyamatosan nőnek. Fontos azonban megjegyezni, hogy az arányos modell mutatója is ingadozik, és nehezen jósolható meg, hogy tovább csökkenne-e a szimuláció folytatásával. Az adekvátsági ráta alapján az alap modell a teljes vizsgált időszakban elmarad az arányoshoz képest, de az eloszlási ábrák rávilágítanak arra, hogy az összefüggés nem ennyire egyértelmű.

Pénzügyi fenntarthatóság

Az adekvátság biztosítása mellett a pénzügyi fenntarthatóság megőrzésére is szükség van. Az egyes nyugdíjrendszerek nettó bevételei még az évi 10.000 munkaképes korú bevándorló ellenére is folyamatosan csökkennek (28. ábra). Nem meglepő módon, az adekvátság feltételeinek legkevésbé megfelelő alap modell költségvetése a leginkább pozitív. Mivel a népesség döntő többsége már a kiinduló állapotban is legalább középfokú végzettségű, az arányos elemeket tartalmazó nyugdíjmodellek magasabb járadékokat eredményeznek, így ezek hamarabb érik el a járulékbevételek szintjét. A



26. ábra. Jövedelem eloszlások

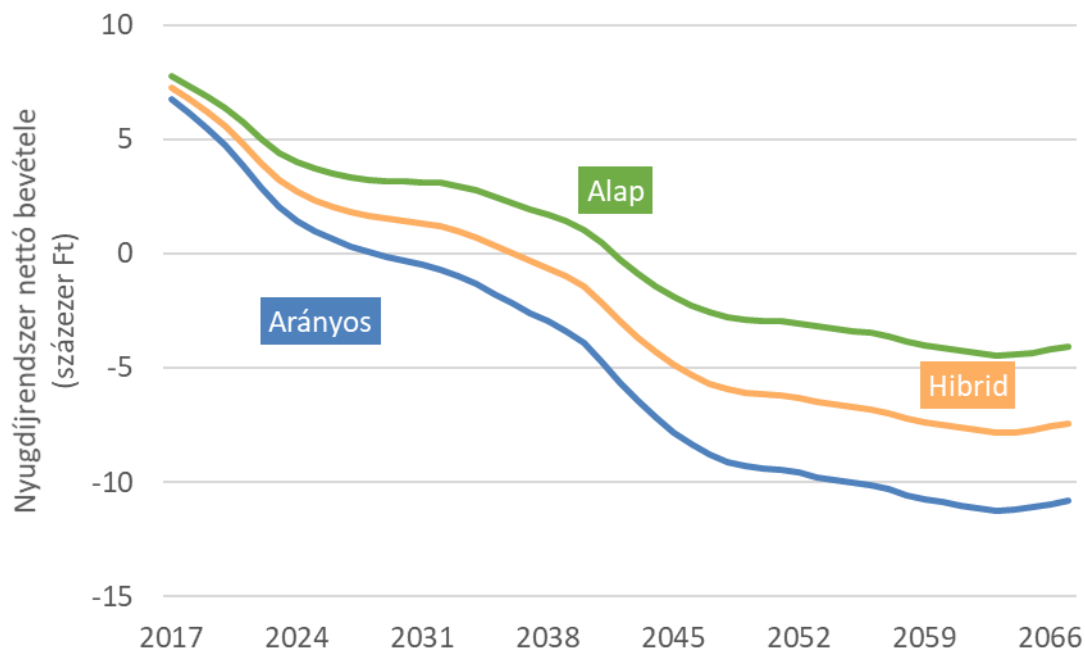


27. ábra. Adekvátsági ráták alakulása

szimuláció vége felé enyhe javulás látható, de nem lehet megítélni, hogy ez ideiglenes vagy tartós növekedés.

Felmerülhet azonban számos olyan, a modellek szempontjából exogén jelenség, amelyek pozitív hatással lehetnek a nyugdíjrendszerek költségvetésére. Jó példa erre a kormány jelenlegi gyermektámogatási programja. A gyermekszámok további növelésével hosszú távon nő a az aktív munkavállalók aránya. A Ratkó-korszak hatásaiból (lásd 2.1.2. fejezet) azonban látszik, hogy ha a gyermekvállalási trendek változásai nem tartósak, az idővel újabb problémákhoz vezet. Az aktuális program demográfiai hatásait azonban lehetetlen megjósolni. Az utóbbi évek javuló gyermekvállalási trendjei miatt a bemutatott előrejelzésekben folyamatosan emelkednek a szülési valószínűségek, de a legalább 4 gyermekes családok aránya ennek ellenére is gyakorlatilag állandó a szimuláció során. Nehéz tehát megítélni, hogy a legalább 4 gyermekes családokat támogató intézkedések képesek lesznek-e változtatni ezen a trenden.

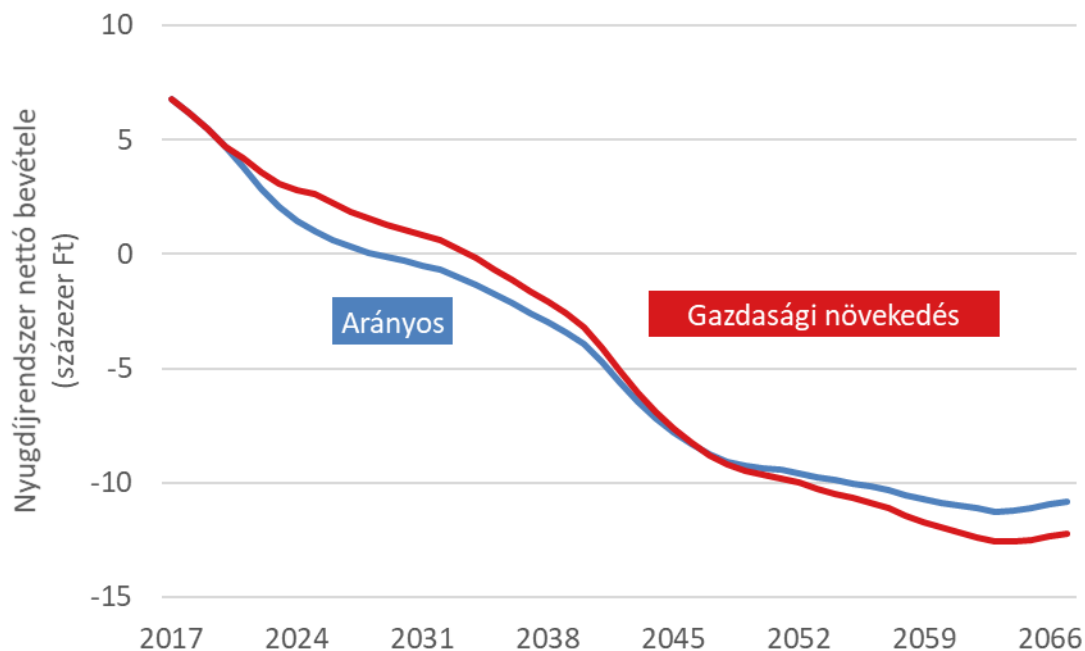
Az általános gazdasági növekedés a jövedelmek – és a járulékok – emelkedése folytán szintén javíthatja a nyugdíjrendszerek fenntarthatóságát. Ebben az esetben



28. ábra. Járulék bevételek és járadék kiadások az egyes nyugdíjrendszerekben

azonban – a gyermekvállaláshoz hasonlóan – a nem tartós emelkedés hosszú távon ellentétes eredményeket hozhat. Tegyük fel, hogy 2020 és 2025 között megnő a termelékenység. Ezekben az években a jövedelem növekedési ütemek 50%-al megnőnek, így az aktuálisan aktív dolgozók a teljes életpályájuk során többet keresnek majd. Az arányos modellben (29. ábra) ez azt eredményezi, hogy közel 20 éven keresztül megemelkedik a költségvetési görbe. Ekkorra azonban már rég abbamaradt a gazdasági növekedés, és egyre több érintett megy nyugdíjba. Ennek következtében pedig 2045 után még nagyobb mértékű lesz a deficit, mint a gazdasági növekedés nélkül. A hibrid modellnél is hasonló a helyzet, csak időben eltolva. Az alap modell esetén pedig értelemszerűen nem jelentkezik ez a hatás, hiszen ott a nyugdíjak függetlenek a jövedelmektől.

A nyugdíjrendszer pénzügyi fenntarthatósága „könnyen” javítható a nyugdíj korhatár növelésével is. (Ez a példa eltekint a korhatár növekedéssel járó politikai vagy egészségügyi hatásokról, és pusztán a pénzügyi változásokra fókuszál.) Az alap modell esetén, ha nyugdíjkorhatárt felemeljük 65-ről 70 évre (30. ábra) értelemszerűen jelentősen megnőnek a járulékbevételek, a kevesebb nyugdíjas miatt pedig lecsök-

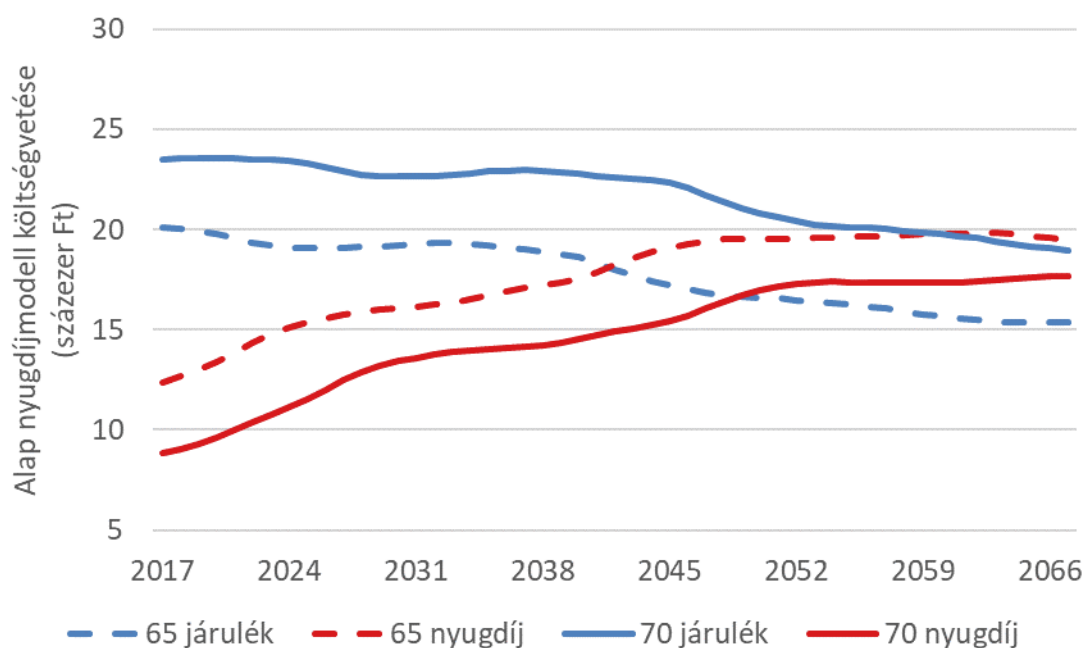


29. ábra. Gazdasági növekedés hatása az arányos modell költségvetésére

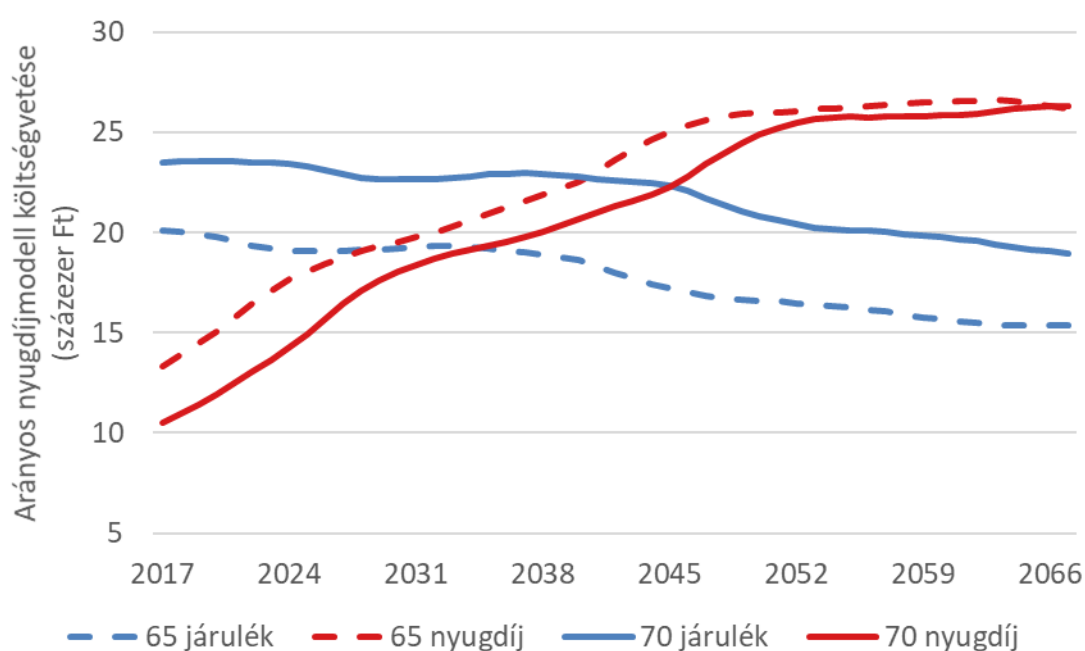
kennek a járadék kiadások. Ebben az esetben még a szimuláció utolsó évében sem érik el a kiadások a járulék bevételek szintjét.

Az alap modell azonban nem igazán állja meg a helyét a gyakorlatban (többek között a korábban említett adekvátsági probléma miatt). A jövedelemmel arányos nyugdíjmodellben (31. ábra) a járulékbévételek változatlanul megnőnek, a kiadások azonban nagyobb ütemben emelkednek a 70 éves korhatár mellett, mint a 65 éves esetben. Ennek oka, hogy a tovább munkában maradók magasabb jövedelem alapján kapják majd a járadékaikat. Ez a hatás pedig a gazdagabb rétegek (jelen modellben a felsőfokú végzettségűek) esetén lesz a legjelentősebb, akiknek eleve magasabb a várható élettartama. Ebben a modellben tehát szignifikánsan kisebb a korhatár emelés hozama, mint az alapban, de a különbség csak viszonylag hosszú távon jelentkezik.

Az eredmények értelmezése során figyelembe kell venni olyan jelenségeket is, melyek nem kerültek bele a vizsgált modellekbe. A nyugdíjkorhatár emelése ugyanis jelentős hatással lenne az emberek életére. Az újabb 5 évnyi időskori terhelés egyes egyének esetén a produktivitás és az egészségi állapot romlásával járhat. Ez csök-



30. ábra. Alap nyugdíjmodell költségvetése



31. ábra. Arányos nyugdíjmodell költségvetése

kenő járulék bevételeket és emelkedő egészségügyi kiadásokat jelentene, ráadásul utóbbi a nyugdíjas időszakok kiadásait is tovább emelné. Rendkívül nehéz azonban megjósolni, hogy a népesség hány százalékát érintené negatívan a változás, ezért egy egészségügyi hatásokat is implementáló modell esetén számos scenárió vizsgálatára lenne szükség.

A nyugdíjrendszerek pénzügyi fenntarthatósága tehát javulhat különböző exogén jelenségek hatására, de ha változások nem tartósak, akkor előfordulhat, hogy hosszú távon súlyosbítják a terheket. A rendszerrel kapcsolatos közvetlen reformok esetén pedig figyelembe kell venni a hosszú távú hatásokat és a változások következtében felmerülő újabb kihívásokat.

6.6. Konklúzió

A mikroszimuláción alapuló demográfiai előrejelzések projektív és nem prediktív jellegűek, ezért az eredmények nem tekinthetők a mutatók jövőbeli alakulásának becsléseként. Feltéve viszont, hogy a felsorolt előfeltevések teljesülnek, a paraméterek ceteris paribus változtatására adott reakciók alapján levonhatók olyan következtetések, melyek nagy valószínűséggel a valós folyamatokra is igazak. A modellek eredményeit tehát ezen elveknek megfelelően kell megítélni.

A demográfiai alapmodell bemutatta, hogy megegyező kiinduló paraméterek esetén a mikroszimulációs módszertan a kohorsz-komponens módszerrel gyakorlatilag megegyező előrejelzést produkál. A karrier modell komplexitása azonban már a kohorsz-komponens megközelítés határait feszegeti, miközben mikroszimulációs szempontból még mindig rendkívül egyszerűnek tekinthető. Ezen felül a karrier modell különböző változataival bemutatásra került, hogy egyes paraméterek megváltoztatása – anélkül, hogy a teljes paraméterteret újra kellene számolni – milyen hatással van a továbbvezetett népesség struktúrájának alakulására. A társadalmi csoport modell kombinálta a karrier modell eredményeit, és egy viselkedés szempontjából diverzifikált populációt épített fel. A nyugdíjmodellek erre a heterogén társadalmi felépítésre alapozva vezették tovább a nyugdíjrendszer költségvetését három különböző – közgazdasági szempontból rendkívül leegyszerűsített – nyugdíjmodellen, valamint bemutatásra került az ideiglenes gazdasági növekedés és a nyugdíjkorhatár emelés egy-egy szimulációja is.

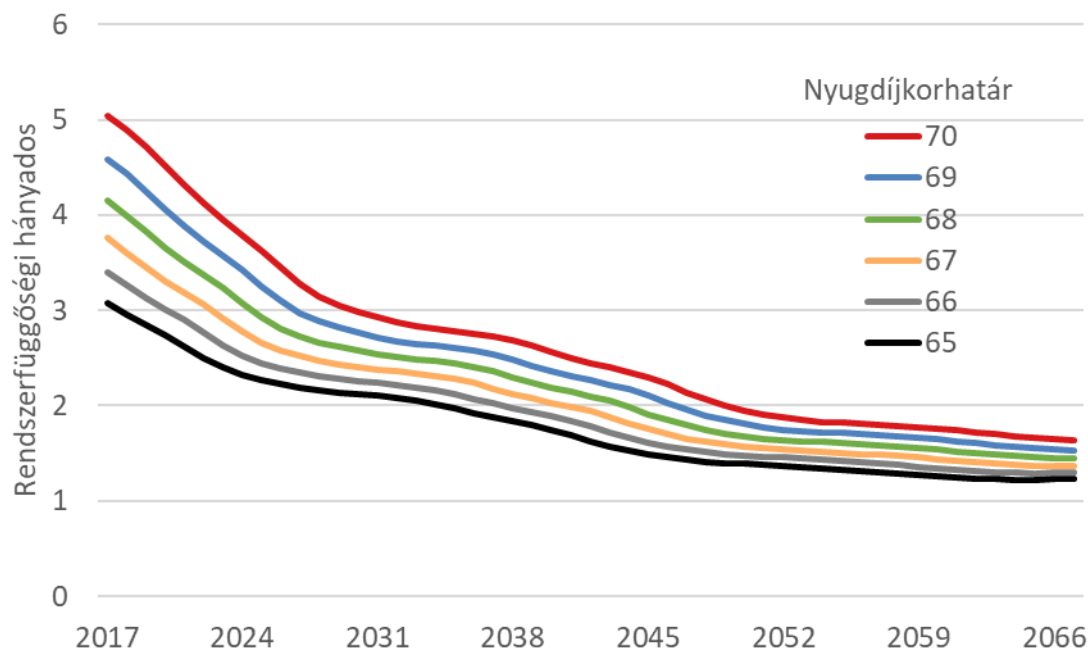
A jelen értekezésben bemutatott nyugdíjmodellek távol állnak a mikroszimuláción alapuló demográfiai – vagy nyugdíj – modellek kapacitás korlátaiktól. Ez a fejezet a mikroszimuláció olyan tulajdonságait mutatta be, melyek megkülönböztetik más módszerektől. A visszacsatolások kezelésére az ágens modellek is képesek (lásd 3.1.2. fejezet), az alkalmazásuk pedig feleslegesen nehezítette volna a fejezet értelmezését, és rossz irányba vitte volna az olvasó figyelmét. Ehhez hasonló okokból nem került implementálásra az aktuális nyugdíjrendszer és a pontrendszeren alapuló tervezet (lásd 2.3. fejezet) sem. Viszont gyakorlatilag bármilyen komplexitású modell megvalósítható ezzel a módszerrel, és a keretrendszer segítségével számos különböző módon paraméterezett szimuláció futtatható elfogadható időkereten belül. A szimulációs modellezéssel megoldható a nyugdíjrendszerrel kapcsolatos elméletek és reformtervezetek tesztelése, és a paraméterek – a rendszer újratervezése nélkül történő – finomhangolása. Így a kutatók számára lehetőség nyílik az elméleteik tényleges, számszerűsített mutatók alapján történő összehasonlítására és a vitás kérdések tisztázására.

Érzékenység vizsgálat

A kutatás kapcsán vizsgált modellek a fent említett okokból kifolyólag nem tartalmaznak visszacsatolásokat, és viszonylag egyszerűnek tekinthetők. Az egyes paraméterek megváltoztatása emiatt nem okoz drasztikus változásokat, a mutatók görbéi nem kezdenek oszcillálni, és nem viselkednek kaotikusan. A mutatók értéke általában csak eltolódik a paraméterek változásának hatására, de hosszú távon gyakran egy közös, steady-state állapot felé konvergálnak (32. ábra). A bemutatott modellek legtöbb exogén mutatója időben nem állandó, így nehezen összehasonlítható ezen paraméterek ceteris-paribus változásainak hatása.

Futási idők

A bemutatott modellek mindegyike a 2017-es – kb. 10 millió főt számláló – magyar népességből indult ki, és minden szimuláció 2067-ig futott. A futási idők összehasonlíthatósága érdekében (4. táblázat) a futtatások mindegyike ugyanazon a (Intel Core i7-8750H CPU @ 2,2 GHz; 16 GB RAM; 64 bites Windows 10 operációs rendszer) személyi számítógépen történt. A táblázat nem tartalmazza az érzékenységvizsgá-



32. ábra. Rendszerfüggőségi hányados érzékenysége a nyugdíjkorhatár változására

lat kapcsán megvalósított futtatásokat. A modellek komplexitásával nőnek a futási idők, de még a legösszetettebb nyugdíj modellek esetén is kevesebb, mint 10 perc a teljes magyar népesség 50 iteráción keresztül történő szimulálása. Így a jelen fejezetben elemzett modellek futtatásához elegendő volt 2 és negyed óra.

Modell	Futási idő	Szimulációk száma
Demográfiai alap	0:06:05	1
Karrier	0:21:01	3
Társadalmi mobilitás	0:07:02	1
Nyugdíjrendszerek	0:31:52	3
Gazdasági növekedés	0:32:15	3
Korhatár emelés	0:32:16	3
Összesen	2:10:31	14

4. táblázat. Szimulációk futási idejei

Összefoglalás

A nyugdíj kutatással foglalkozó szakemberek számos gazdasági és társadalmi tényező figyelembevételével dolgozzák ki azokat a nyugdíjmodelleket, melyek később a nyugdíjrendszerrel kapcsolatos változtatások és intézkedések alapját képezik. A modellezés – definíciójából adódóan – azonban nem vehet figyelembe minden egyes befolyásoló tényezőt, ezért az egyes modellek gyakran különböző feltevésekre épülnek, így szinte lehetetlen őket összehasonlítani. A kevésbé részletes, egyszerűbb előrejelzési módszertanok modelljei nem bővíthetők olyan mértékben, hogy az összes különböző elmélet előfeltevéseit összevonják. Egy mikroszimulációs módszertanon alapuló modell összetettségének gyakorlatilag csak a számítási kapacitás szabhat határt, így szinte korlátlanul bővíthető. Tehát lehetőséget nyújt a kutatók számára, hogy közös demográfiai alapokra építve valósítsák meg a nyugdíjmodelljeiket, és hosszú távú továbbvezetések alapján összevegyék az egyes megközelítések eredményeit. Jelen értekezés célja egy olyan módszertan – valamint a kapcsolódó keretrendszer – kidolgozása és verifikálása volt, mely lehetővé teszi komplex nyugdíjmodellek hatásvizsgálatát és összehasonlítását.

Mikroszimulációval kapcsolatos kutatási kérdések

- K1. Az első kutatási kérdés azzal foglalkozott, hogy léteznek-e olyan adatforrások Magyarországon, melyek lehetővé teszik hosszú távú demográfiai előrejelzések megvalósítását. Magyarországon gyakorlatilag minden, a demográfiai előrejelzések szempontjából releváns adatgyűjtés törvényi vagy rendeleti módon szabályozva van. Ennek következtében a legtöbb mutató hosszú idősoros formában áll rendelkezésre, mely lehetővé teszi a paraméterek statisztikai úton történő előrejelzését.

A rendelkezésre álló adatforrások részletezettségüket tekintve nem minden esetben alkalmasak a mikroszimuláció során történő felhasználásra. A kiinduló populáció felállításához szükséges adatok csak a keresztmetszeti adatgyűjtésekből (népszámlálás, mikorcenzus) állnak rendelkezésre. Ezen felül egyes nyilvántartott egészségügyi adatok nem tekinthetők pontosnak az adatfelvétel módjából adódóan. Az 1992 utáni ideológiai és nemzetiségi hovatartozással kapcsolatos opcionális válaszadást pedig számos – feltehetően kisebbségi csoporthoz tartozó – személy megtagadta, így ezen csoportok eloszlásáról sem létezik pontos adatgyűjtés.

Magyarországon nincs egy egységes nemzeti adattárház, az adatvédelmi törvény miatt viszont nem adható ki olyan részletezett adat, ami alapján bármely személy azonosítható lenne. Így a különböző adatgazdáknál (pl.: KSH, OEP) tárolt adatok csak statisztikai módszerekkel (statistical matching) vonhatók össze, és csak az így fennálló becslési hiba figyelembevételével használhatók fel.

- K2. A második kérdés a mikroszimulációs módszertan alkalmazási nehézségeinek áthidalására fókuszált. A bemutatott szimulációs keretrendszer segítségével megvalósított modellek könnyen átláthatók, és rövid tanulási folyamat után bárki képes lehet őket reprodukálni, vagy a saját modelljeit implementálni. A részletes dokumentáció és egyes támogató funkciók hiánya mellett viszonylag nehéz a logikai hibák felderítése és javítása. A Simulation Framework viszont már jelenlegi formájában is alkalmas összetett modellek tág paraméter téren történő futtatására úgy, hogy még egy alap felszereltségű számítógépen is reális időkereteken belül marad.

Hatásvizsgálatokkal kapcsolatos kutatási kérdések

- K3. A harmadik kutatási kérdés azt vizsgálta, hogy a bemutatott adatforrások alapján felépíthető-e egy olyan demográfiai modell, mely kibővíti az általában vizsgált dimenziókat, és emellett lehetőséget ad a népesség összetételének vizsgálatára is. Az iskolázottság és a gyermekek száma függvényében a nők gyermekvállalási trendjei között szignifikáns az eltérés, így érdemes ezen két kategóriaváltozó mentén is felbontani a népességet a szülési valószínűségek to-

vábbvezetése kapcsán. A családok gyermekszámok szerinti eloszlásának vizsgálata elengedhetetlen a gyermektámogatási programmal kapcsolatos döntések meghozatalához, míg a népesség összetételének alakulása a nyugdíjrendszerrel kapcsolatos kérdések kapcsán releváns. A karrier modellek eredményei alátámasztják, hogy a rendelkezésre álló adatok alapján felépíthetők olyan mikroszimulációk, melyekben az egyének bármely tulajdonsága(i) mentén továbbvezethető a népesség eloszlása. A csoportosításon alapuló módszerek esetén csak durva becslés adható ugyanezen mutatókra.

- K4. A nyugdíjrendszer adekvátságának vizsgálatához szükség van a jövedelmek modellezésére. Ezért a negyedik kérdés a jövedelem eloszlások továbbvezetésével foglalkozott. A rendszerváltás óta megváltozott foglalkoztatási trendek következtében a munkavállalók szolgálati ideje gyakran erősen töredezett. Így a jövedelmek – és ehhez kapcsolódóan nyugdíjak – továbbvezetése kapcsán elengedhetetlen a munkában töltött idő modellezése. A kimaradó időszakok azonban egyénenként eltérő időpontban merülnek fel, a nők esetén pedig a szülési szabadságok tovább tördelik a karrierpályákat. Ha ez a jelenség a különböző tulajdonságok (pl.: végzettség) mentén eltérő jövedelmekkel párosul, akkor gyakorlatilag lehetetlenné válik a csoportok szintjén történő pontos előrejelzés. A mikroszimuláción alapuló nyugdíjmodellekből viszont könnyedén lekérdezhető az aktív dolgozók jövedelmének és a nyugdíjasok járadékának eloszlás függvénye is, és így részleteiben is vizsgálható az egyes rendszerek adekvátsága. A bemutatott elemzések pedig arra is rávilágítottak, hogy az eloszlások vizsgálatából nyerhető hasznos információk elveszhetnek, amennyiben csak az aggregált mutatók állnak rendelkezésre.
- K5. Az ötödik kérdés arra vonatkozott, hogy vizsgálható-e a nyugdíjrendszer pénzügyi fenntarthatósága különböző külső hatások figyelembe vétele mellett. A modellek szempontjából exogén jelenségeket nem lehet pontosan előrejelezni, csak szakértői becslés alapján felépített scenáriók során tudnak megjelenni a szimulációkban. Tehát általában szükség van több különböző szimuláció futtatására is. A bemutatott példákban a rövid gazdasági fellendülés esetén a nyugdíjrendszer pénzügyi fenntarthatósága javult, de – az arányos modellekben – ez a hatás idővel a visszajára fordult, és az eredetinel is nagyobb

hiányt eredményezett. A korhatár növelés egyértelműen javította a költségvetés helyzetét, de nyugdíjrendszertől függően szignifikáns eltérés mutatkozott a javulás mértékében. Már ezekben a példákban sem teljesen triviális a költségvetés alakulásának magyarázata, és ezeknél komplexebb, visszacsatolásokkal tűzdelt modellek esetén még kevésbé lehetne előre látni a hatásokat. A Simulation Framework sebességének köszönhetően lehetővé teszi számos különböző eset összehasonlítását, tehát a mikroszimuláció alkalmas az olyan összetett problémákkal kapcsolatos hatásvizsgálatok elvégzésére, mint a nyugdíjrendszer pénzügyi fenntarthatósága.

A mikroszimuláción alapuló demográfiai előrejelzések két fő hátránya, hogy a megvalósításhoz kellően részletezett adatok és magas szintű szoftverfejlesztési ismeretek szükségesek. Az értekezés eredményei alapján a Magyarországon rendelkezésre álló adathalmazok – hiányosságaik ellenére – alkalmasak mikroszimulációs modellek megvalósítására, és a technikai nehézségek is áthidalhatók egy megfelelően kidolgozott szimulációs keretrendszer megvalósításával. A Simulation Framework segítségével rövid időn belül széles paraméter téren vizsgálhatók komplex logikai összefüggéseket és visszacsatolásokat tartalmazó szimulációk építhetők fel. Elemezhető a továbbvezetett népesség különböző tulajdonságok mentén vett eloszlása, vagy akár az egyes személyek életpályája is. Így olyan összetett modellek valósíthatók meg, melyek alapján eldönthetők az eltérő elméletekből adódó vitás kérdések.

Irodalomjegyzék

- Aksoy, Yunus et al. (2019):** Demographic structure and macroeconomic trends. American Economic Journal: Macroeconomics, 11, Nr. 1, 193–222
- Alho, Juha M (1990):** Stochastic methods in population forecasting. International Journal of forecasting, 6, Nr. 4, 521–530
- Andor, Mihály/Liskó, Ilona (2000):** Iskolaválasztás és mobilitás. Iskolakultúra
- Augusztinovics, Mária/Matits, Ágnes (2015):** Alapnyugdíj és pontrendszer. Közgazdasági Szemle, 62, Nr. 6, 599–610
- Balogh, László et al. (2015):** A magyar lakosság adó fizetési hajlandósága. Regional and Business Studies 6, Nr. 1
- Baran, Sándor et al. (2007):** Forecasting Hungarian mortality rates using the Lee-Carter method. Acta Oeconomica, 57, Nr. 1, 21–34
- Benczúr, Péter/Kátay, Gábor/Kiss, Áron (2012):** Assessing changes of the Hungarian tax and transfer system: A general-equilibrium microsimulation approach. MNB Working Papers – Technical report
- Billari, Francesco C et al. (2010):** Social age deadlines for the childbearing of women and men. Human reproduction, 26, Nr. 3, 616–622
- Bloom, David E/Canning, David/Fink, Günther (2010):** Implications of population ageing for economic growth. Oxford review of economic policy, 26, Nr. 4, 583–612

- Boldizsár, Nagy (1993):** Menedék és remény–Magyarország helye a nemzetközi vándorlásban. Jönnek? Mennek? Maradnak
- Brooks, Rachel (2003):** Young people's higher education choices: The role of family and friends. *British Journal of Sociology of Education*, 24, Nr. 3, 283–297
- Brouhns, Natacha/Denuit, Michel/Vermunt, Jeroen K (2002):** A Poisson log-bilinear regression approach to the construction of projected lifetables. *Insurance: Mathematics and economics*, 31, Nr. 3, 373–393
- Brunborg, Helge (2002):** Report on the Size and Ethnic Composition of the Population of Kosovo. Case of Slodovan Milosevic (IT-02-54), ICTY, La Haye
- Brundtland, Gro Harlem (1987):** Report of the World Commission on environment and development: "our common future.". United Nations
- Burka, Dávid (2016):** Supporting the Hungarian Demographic Pre-calculations with Microsimulation Methods. *SEFBIS Journal*, 10, 13–23
- Burka, Dávid et al. (2017):** Supporting Pension Pre-Calculation With Dynamic Microsimulation Technologies. *ECMS 2017 Proceedings*, 31, 562–569
- Cerami, Alfio (2011):** Ageing and the politics of pension reforms in Central Europe, South-Eastern Europe and the Baltic States. *International Journal of Social Welfare*, 20, Nr. 4, 331–343
- Cox, D/Oakes, David (1984):** D.(1984): Analysis of Survival Data. No address in
- Csemniczki, Katalin (2000):** Nyugdíjrendszerünk 1929-től 1997-ig. *Közgazdasági Szemle Alapítvány*, 47, Nr. 6, 28–50
- Csernai, Márton et al. (2019):** Dynamics of sleep oscillations is coupled to brain temperature on multiple scales. *The Journal of Physiology* (Megjelenés folyamatban)

- Csicsman, Josef/Fényes, Cecília (2012):** Developing the Microsimulation Service System. Hungarian Electronic Journal of Sciences
- Csicsman, József (1987):** A mikroszimulációs rendszer számítástechnikai hátterének kialakítása. Központi Statisztikai Hivatal
- De Menten, Gaëtan et al. (2014):** Liam2: a new open source development tool for discrete-time dynamic microsimulation models. Journal of Artificial Societies and Social Simulation, 17, Nr. 3, 9
- Dekkers, Gijs et al. (2015):** On using dynamic microsimulation models to assess the consequences of the AWG projections and hypotheses on pension adequacy: Simulation results for Belgium, Sweden and Hungary. Federal Planning Bureau - Central Administration of National Pension Insurance
- Donald, Knuth et al. (1998):** The Art of Computer Programming, Volume 2: Semi numerical Algorithms. No address in
- Edwards, S (2004):** GENESIS: SAS based computing environment for dynamic microsimulation models. Mimeo, Department of Work and Pensions, London – Technical report
- Földházi, Erzsébet (2013):** Magyarország népességének várható alakulása 2011-2060 között. Demográfia, 56, Nr. 2-3, 105–143
- Forman, Michele R et al. (2013):** Life-course origins of the ages at menarche and menopause. Adolescent health, medicine and therapeutics, 4, 1
- Freudenberg, Christoph/Berki, Tamás/Reiff, Ádám (2016):** A long-term evaluation of recent Hungarian pension reforms. MNB Working Papers – Technical report
- Galler, Heinz Peter (1997):** Discrete-time and continuous-time approaches to dynamic microsimulation reconsidered. National Centre for Social and Economic Modelling
- Gárdos, Éva (2015):** Adatok és kezelésük a hivatalos statisztikában. Educatio, 3, 27–39

- Gavrilov, Leonid A/Gavrilova, Natalia S (2001):** The reliability theory of aging and longevity. *Journal of theoretical Biology*, 213, Nr. 4, 527–545
- György, Vukovich (1991):** Magyarország népesedéspolitikája. *Demográfia*, 34, Nr. 1-2, 61–70
- Hablicsek, László (2005):** A Kárpát-medencei magyarság demográfiai helyzete és előreszámítása, 1991-2021. *Kutatási Jelentések*, Nr. 78
- Hayflick, Leonard (1965):** The limited in vitro lifetime of human diploid cell strains. *Experimental cell research*, 37, Nr. 3, 614–636
- Helbing, Dirk (2012):** Agent-based modeling. In *Social self-organization*. Springer, 25–70
- Holtzer, Péter (2010):** Jelentés a Nyugdíj és Időskor Kerekasztal tevékenységéről. Budapest: Miniszterelnöki Hivatal
- Index, Melbourne Mercer Global Pension (2017):** Melbourne mercer global pension index. No address in
- Kovács, Balázs/Takács, Károly (2003):** Szimuláció a társadalomtudományokban. *Szociológiai Szemle*, 3, 27–49
- Központi Statisztikai Hivatal (2011):** A népesség iskolai végzettség ÁŠs korcsoport szerint. Területi táblák
- Központi Statisztikai Hivatal (2012):** A gyermekvállalás társadalmi-gazdasági háttérünek terÁžletii jellemzői. No address in
- Központi Statisztikai Hivatal (2016a):** Statisztikai tükör. No address in
- Központi Statisztikai Hivatal (2016b):** A termékenységii folyamatok hazai jellemzői, 1970-2015. No address in
- Kulik, Carol T et al. (2014):** Aging populations and management. *Academy of Management Journal*, 57, Nr. 4, 929–935

- Lakatos, Judit (2015):** Külföldön dolgozó magyarok, Magyarországon dolgozó külföldiek. Statisztikai Szemle, 93, Nr. 2, 93–112, ISSN 0039 0690
- Lee, Ronald (2000):** The Lee-Carter method for forecasting mortality, with various extensions and applications. North American actuarial journal, 4, Nr. 1, 80–91
- Lee, Ronald/Miller, Timothy (2001):** Evaluating the performance of the Lee-Carter method for forecasting mortality. Demography, 38, Nr. 4, 537–549
- Lee, Ronald D/Carter, Lawrence R (1992):** Modeling and forecasting US mortality. Journal of the American statistical association, 87, Nr. 419, 659–671, Eredeti Lee-Carter modell
- Lelkes, Orsolya/Sutherland, Holly (2009):** Tax and benefit policies in the enlarged Europe: Assessing the impact with microsimulation models. Volume 35, Ashgate Publishing, Ltd.
- Lutz, Wolfgang/Sanderson, Warren/Scherbov, Sergei (2008):** The coming acceleration of global population ageing. Nature, 451, Nr. 7179, 716–719
- Májér, István/Kovács, Erzsébet (2011):** Élettartam Kokáczat - a nyugdíjrendszerre nehezedő egyik teher. Statisztikai Szemle, 89, Nr. 7–8, 790–812
- Mannion, Oliver et al. (2012):** JAMSIM: A microsimulation modelling policy tool. Journal of Artificial Societies and Social Simulation, 15, Nr. 1, 8
- Markram, Henry (2006):** The blue brain project. Nature Reviews Neuroscience, 7, Nr. 2, 153
- Mészáros, József (2005):** A társadalombiztosítási nyugdíjrendszerek és a termékenység kölcsönhatása. Demográfia, 48, Nr. 4, 436–450
- Mohácsi, László (2014):** Gazdasági alkalmazások párhuzamos architektúrákon= Business Computing and Parallel Architectures. Ph.D thesis, Budapesti Corvinus Egyetem

- Murdock, Steve H/Ellis, David Rennie (1991):** Applied demography: an introduction to basic concepts methods and data. Boulder Colorado/Oxford England Westview Press 1991.
- O Donoghue, Cathal et al. (2009):** The Life-cycle Income Analysis Model (LIAM): a study of a flexible dynamic microsimulation modelling computing framework. International Journal of Microsimulation, 2, Nr. 1, 16–31
- OECD (2015):** Pensions at a Glance 2015. OECD Publishing
- OECD (2016):** OECD Pensions Outlook 2016. OECD Publishing, Paris
- Pasamanick, Benjamin/Dinitz, Simon/Knobloch, Hilda (1960):** Socio-economic and seasonal variations in birth rates. The Milbank Memorial Fund Quarterly, 38, Nr. 3, 248–254
- R Core Team (2013):** R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2013 [URL: http://www.R-project.org/](http://www.R-project.org/)
- Radnóti, László (2003):** Az élettartamok statisztikája. Statisztikai Szemle 81
- Rézmovits, Ádám (2015):** Nyugdíjkiszámítási rendszerek összehasonlító vizsgálata: A magyar MIDAS előrejelző rendszer nyugdíjmodulja/A COMPARATIVE SURVEY OF PENSION-CALCULATING SYSTEMS THE PENSION MODEL OF THE MIDAS_HU FORECASTING SYSTEM. Közgazdasági Szemle, 62, Nr. 12, 1309
- Sawyer, Michelle (2010):** Women’s Reproductive Rights under State Socialism In Hungary: The Ratkó Era, 1950-1956. Ph.D thesis, MA Thesis, Central European University, 2010.
- Simonovits, András (2007):** Nyugdíjmodellek. Magyar Tudomány, 168, Nr. 12, 1527–1533
- Simonovits, András (2015):** Hogyan hat a nyugdíjszabályok hiányos ismerete a dolgozók döntéseire? Közgazdasági Szemle, 62, Nr. 3, 263

- Simonovits, András (2018):** Hogyan tervezzük a nyugdíjjáradékfüggvényt, ha a halandóság a kereset csökkenő függvénye? *Közgazdasági Szemle*, 65, Nr. 7/8, 831–856
- Simonovits, Andras et al. (2002):** A magyar nyugdíjrendszer az 1998-as reform előtt és után [The Hungarian pension system before and after the 1998 reform]. *Közgazdasági Szemle (Economic Review-monthly of the Hungarian Academy of Sciences)*, 49, Nr. 6, 473–517
- Spielauer, Martin (2009):** Microsimulation Approaches. Statistics Canada working paper
- United Nations (2005):** UN Summit outcome document. No address in
- United Nations (2015a):** World Population Ageing 2015. Department of Economic and Social Affairs, Population Division, Nr. ST/ESA/SER.A/390
- United Nations (2015b):** World Population Prospects: The 2015 Revision. DVD Edition, Department of Economic and Social Affairs, Population Division
- Vékás, P (2011):** Túlélési modellek. Kovács, E.(2011): Pénzügyi adatok statisztikai elemzése (IV. bővített kiadás, 9. fejezet, pp. 173–194.). Tanszék Kft., Budapest
- Vékás, Péter (2016):** Az élettartam-kockázat modellezése. Ph. D thesis, Corvinus University of Budapest
- Whelpton, Pascal K (1928):** Population of the United States, 1925 to 1975. *American Journal of Sociology*, 34, Nr. 2, 253–270
- Whitney, Craig R (1997):** Jeanne Calment, World’s elder, dies at 122. *New York Times*, 8, Nr. 5, 97
- Wilmoth, John R (1993):** Computational methods for fitting and extrapolating the Lee-Carter model of mortality change. Technical report, Department of Demography, University of California, Berkeley – Technical report

World Health Organization (2015): World Report on Ageing and Health. World Health Organization, ISBN 9241565047

Zagheni, Emilio (2015): Microsimulation in demographic research. International encyclopedia of social and behavioral sciences, 2, 343–346

Publikációs jegyzék

- Ágoston, Kolos Csaba et al. (2019):** Klaszterelemzési eljárások halandósági adatokra. Statisztikai Szemle (Megjelenés folyamatban)
- Burka, Dávid (2016):** Supporting the Hungarian Demographic Pre-calculations with Microsimulation Methods. SEFBIS Journal, 10, 13–23
- Burka, Dávid (2017a):** Comparing different scenarios of Hungarian demographic processes. SEFBIS Journal, 11, 17–26
- Burka, Dávid (2017b):** Developing a complex microsimulation system to project the Hungarian demographic processes. Mediterranean Issues, 1, 367–378
- Burka, Dávid et al. (2017):** Supporting Pension Pre-Calculation With Dynamic Microsimulation Technologies. ECMS 2017 Proceedings, 31, 562–569
- Csernai, Márton et al. (2019):** Dynamics of sleep oscillations is coupled to brain temperature on multiple scales. The Journal of Physiology (Megjelenés folyamatban)

Függelék

A. Európai migráció 2012-ben

Ország	Népesség	Nettó migráció	Migráció a népesség arányában
Grúzia	4 497 617 fő	-296 323 fő	-6,59%
Litvánia	3 003 641 fő	-169 529 fő	-5,64%
Lettország	2 044 813 fő	-73 442 fő	-3,59%
Albánia	2 898 782 fő	-91 750 fő	-3,17%
Írország	4 582 707 fő	-140 001 fő	-3,05%
Románia	20 095 996 fő	-437 201 fő	-2,18%
Szerbia	7 216 649 fő	-99 999 fő	-1,39%
Portugália	10 542 398 fő	-140 000 fő	-1,33%
Spanyolország	46 818 219 fő	-593 069 fő	-1,27%
Görögország	11 086 406 fő	-136 299 fő	-1,23%
Észtország	1 325 217 fő	-11 850 fő	-0,89%
Bulgária	7 327 224 fő	-50 000 fő	-0,68%
Horvátország	4 275 984 fő	-20 000 fő	-0,47%
Montenegró	620 308 fő	-2 412 fő	-0,39%

A.1. táblázat. Nettó migrációk 2012-ben (United Nations, 2015b)

Ország	Népesség	Nettó migráció	Migráció a népesség arányában
Örményország	3 274 285 fő	-9 876 fő	-0,30%
Moldova	3 559 541 fő	-9 529 fő	-0,27%
Macedónia	2 059 794 fő	-4 999 fő	-0,24%
Lengyelország	38 063 792 fő	-73 809 fő	-0,19%
Azerbajdzsán	9 235 085 fő	-16 125 fő	-0,17%
Izland	319 575 fő	-378 fő	-0,12%
Bosznia Hercegovina	3 839 265 fő	-2 506 fő	-0,07%
Szlovákia	5 404 322 fő	1 199 fő	0,02%
Szlovénia	2 055 496 fő	4 324 fő	0,21%
Cseh Köztársaság	10 505 445 fő	29 999 fő	0,29%
Magyarország	9 931 925 fő	29 999 fő	0,30%
Ukrajna	45 453 282 fő	195 000 fő	0,43%
Franciaország	65 276 983 fő	331 555 fő	0,51%
Hollandia	16 730 348 fő	110 006 fő	0,66%
Oroszország	143 056 383 fő	1 117 884 fő	0,78%
Olaszország	59 394 207 fő	528 269 fő	0,89%
Fehéroroszország	9 465 150 fő	120 535 fő	1,27%
Egyesült Királyság	63 495 303 fő	900 000 fő	1,42%
Málta	417 546 fő	6 252 fő	1,50%
Németország	80 327 900 fő	1 249 998 fő	1,56%
Dánia	5 580 516 fő	96 839 fő	1,74%
Ausztria	8 408 121 fő	147 089 fő	1,75%
Finnország	5 401 267 fő	107 409 fő	1,99%

A.1. táblázat. Nettó migrációk 2012-ben (United Nations, 2015b)

Ország	Népesség	Nettó migráció	Migráció a népesség arányában
Belgium	11 094 850 fő	269 998 fő	2,43%
Törökország	74 724 269 fő	2 000 003 fő	2,68%
Svédország	9 482 855 fő	272 626 fő	2,87%
Ciprus	862 011 fő	35 000 fő	4,06%
Norvégia	4 985 870 fő	235 665 fő	4,73%
Svájc	7 954 662 fő	382 267 fő	4,81%
Luxemburg	524 853 fő	48 704 fő	9,28%

A.1. táblázat. Nettó migrációk 2012-ben (United Nations, 2015b)

B. Melbourne Mersen Globális Nyugdíj Index

Ország	Index	Al-Index		
		Adekvátság	Fenn- tarthatóság	Integritás
Argentína	38,8	42,4	33,1	41,2
Ausztrália	77,1	75,3	73	85,7
Ausztria	53,1	67,6	19,9	76,4
Brazília	54,8	67,8	29,2	70
Csíle	67,3	58	69,1	79,7
Dánia	78,9	76,5	79,8	81,3
Dél-afrikai Köztársaság	48,9	34	45,7	77,1
Egyesült Királyság	61,4	58,2	49,4	83,5
Finnország	72,3	70,2	61,3	91
Franciaország	59,6	80,4	38,6	55,8
Hollandia	78,8	78	73,5	87,5
India	44,9	39,5	43,8	55,1
Indonézia	49,9	40,1	49,3	66,4
Írország	65,8	77,9	43,9	77,2
Japán	43,5	48	26	60,7
Kanada	66,8	69,9	55,4	77,7
Kína	46,5	54,2	38,2	46
Kolumbia	61,7	66,4	49,9	70,7
Korea	47,1	46,9	46,8	47,9
Lengyelország	55,1	58,1	43,1	67,1
Malajzia	57,7	42,3	61,2	77,6
Mexikó	45,1	38,5	55,9	40,5

B.1. táblázat. Melbourne Mersen Globális Nyugdíj Index 2017-ben (Index, 2017)

Ország	Index	AI-Index		
		Adekvátság	Fenn- tarthatóság	Integritás
Németország	63,5	76,5	40,9	74
Norvégia	74,7	77	61	90,3
Olaszország	50,8	66,2	16,4	74,3
Svájc	67,6	60,2	64,7	83,3
Svédország	72	67,7	71	80,3
Szingapúr	69,4	65,2	66,2	80,7
Új-Zéland	67,4	66,2	61,5	77,8
USA	57,8	57	57,1	60,1

B.1. táblázat. Melbourne Mersen Globális Nyugdíj Index 2017-ben (Index, 2017)

C. Nők lélekszáma

1990							
Végzettség	Kor-csoport	0	1	Gyermekek száma			
				2	3	4	5+
Általános iskola 0-7. osztálya	0 - 14	984724	90	8	0	0	4
	15 - 19	15240	2279	791	151	19	3
	20 - 24	4058	2033	2339	1357	429	157
	25 - 29	3110	1625	2553	2345	1341	884
	30 - 34	3020	1701	3428	3159	1999	2281
	35 - 39	2837	1603	3463	3069	2072	2876
	40 - 44	2543	1792	4410	3555	2131	3429
	45 - 49	1183	1427	3714	2437	1312	1786
	50 - x	122822	214385	319788	177525	88062	110322
Befejezett általános iskola (8. osztály)	0 - 14	55209	69	18	0	0	0
	15 - 19	241030	10102	1382	98	8	0
	20 - 24	28009	27911	17330	3172	441	86
	25 - 29	10944	18992	32855	10468	2094	732
	30 - 34	9711	22497	62172	21469	4719	1999
	35 - 39	10271	26322	79785	29189	6807	3210
	40 - 44	8407	26953	73032	25754	6448	3392
	45 - 49	4057	15360	34758	10578	2527	1297
	50 - x	80757	197007	289692	92505	27795	17773
Befejezett szakmunkás-képző iskola, szakiskola	0 - 14	0	0	0	0	0	0
	15 - 19	47069	3411	123	7	1	0
	20 - 24	42172	31642	10535	653	34	14
	25 - 29	10184	23575	32482	4418	367	92
	30 - 34	5252	15991	39859	7896	1012	261
	35 - 39	3400	11702	33343	7926	1199	418
	40 - 44	2077	8403	20616	5120	870	316
	45 - 49	549	2431	4640	1064	179	56
	50 - x	300	1275	2076	419	67	28

C.1. táblázat. Nők lélekszáma 1990-ben (KSH egyedi adatigénylés)

1990							
Végzettség	Kor-csoport	0	1	Gyermekek száma			
				2	3	4	5+
Befejezett középiskola	0 - 14	0	0	0	0	0	0
	15 - 19	50708	993	36	1	0	0
	20 - 24	99523	30424	6573	306	14	16
	25 - 29	22967	37158	35654	3286	225	48
	30 - 34	13550	33133	63326	8751	878	222
	35 - 39	13096	33625	75197	12822	1373	385
	40 - 44	11118	30330	61050	10885	1349	451
	45 - 49	3833	10904	17098	2821	368	137
	50 - x	34079	66979	72405	14882	3467	1602
Befejezett felsőfokú iskola	0 - 14	0	0	0	0	0	0
	15 - 19	0	0	0	0	0	0
	20 - 24	17416	4483	637	24	2	2
	25 - 29	18132	17786	11325	882	76	19
	30 - 34	10169	16079	26709	3718	340	81
	35 - 39	8208	14241	29937	5082	600	184
	40 - 44	6649	11849	23269	4352	513	169
	45 - 49	2678	4848	8238	1523	230	54
	50 - x	19723	26875	32676	7255	1669	781

C.1. táblázat. Nők lélekszáma 1990-ben (KSH egyedi adatigénylés)

2001							
Végzettség	Kor-csoport	0	1	Gyermekek száma			
				2	3	4	5+
Általános iskola 0-7. osztálya	0 - 14	807276	37	2	0	0	0
	15 - 19	14627	1574	659	184	18	2
	20 - 24	2897	1447	1551	1318	462	209
	25 - 29	2153	1003	1270	1645	980	872
	30 - 34	2008	779	1173	1480	1072	1401
	35 - 39	1867	865	1376	1610	1252	1816
	40 - 44	2400	1188	2064	2218	1641	2590
	45 - 49	1040	525	979	993	705	996
	50 - x	61545	117308	191831	103640	48110	52369

C.2. táblázat. Nők lélekszáma 2001-ben (KSH egyedi adatigénylés)

2001							
Végzettség	Kor-csoport	0	1	Gyermekek száma			
				2	3	4	5+
Befejezett általános iskola (8. osztály)	0 - 14	20225	14	0	0	0	0
	15 - 19	221809	5321	852	100	12	0
	20 - 24	34277	18651	9266	3125	609	127
	25 - 29	18642	22178	20751	9953	2616	1143
	30 - 34	9115	16219	27403	15131	4546	2483
	35 - 39	5799	11884	28208	15787	5188	3276
	40 - 44	6879	17708	50624	21691	6506	3806
	45 - 49	3817	10629	32320	12113	3161	1565
	50 - x	76342	228042	427013	139714	37336	21130
Befejezett szakmunkás- képző iskola, szakiskola	0 - 14	0	0	0	0	0	0
	15 - 19	23277	1411	60	3	0	0
	20 - 24	60259	22244	5666	675	37	6
	25 - 29	30746	35944	25580	4987	562	106
	30 - 34	9679	22603	36938	10407	1417	407
	35 - 39	4362	14226	35373	11182	1934	660
	40 - 44	3236	12316	35335	9960	1870	694
	45 - 49	1322	5094	14502	3584	605	234
	50 - x	3851	16198	42419	10708	1847	704
Befejezett középiskola	0 - 14	0	0	0	0	0	0
	15 - 19	57098	390	6	0	0	0
	20 - 24	186173	14961	2361	151	7	2
	25 - 29	71287	41993	21822	2622	242	33
	30 - 34	23487	38545	48958	9161	1013	259
	35 - 39	9999	26881	51394	12176	1712	531
	40 - 44	9273	29130	63864	13682	2078	596
	45 - 49	5017	15278	33159	6298	877	250
	50 - x	56928	139229	219916	40472	6357	2250

C.2. táblázat. Nők lélekszáma 2001-ben (KSH egyedi adatigénylés)

2001							
Végzettség	Kor-csoport	0	1	Gyermekek száma		4	5+
Befejezett felsőfokú iskola	0 - 14	0	0	0	0	0	0
	15 - 19	0	0	0	0	0	0
	20 - 24	26817	1241	153	4	0	0
	25 - 29	47964	13622	5158	558	48	7
	30 - 34	17456	17612	20565	3710	497	122
	35 - 39	7940	13543	26055	6451	955	305
	40 - 44	6853	14110	29740	6963	1134	382
	45 - 49	3127	6673	14107	2883	401	139
	50 - x	28277	47970	78427	15305	2312	798

C.2. táblázat. Nők lélekszáma 2001-ben (KSH egyedi adatigénylés)

2011							
Végzettség	Kor-csoport	0	1	Gyermekek száma		4	5+
Általános iskola 0-7. osztálya	0 - 14	681615	29	0	0	0	0
	15 - 19	7804	906	318	61	5	1
	20 - 24	1549	853	939	695	288	85
	25 - 29	1390	593	766	898	599	567
	30 - 34	1475	594	707	1049	819	1145
	35 - 39	1494	587	722	1003	805	1409
	40 - 44	1541	554	762	1066	822	1514
	45 - 49	581	244	385	440	371	558
	50 - x	25147	47736	88782	48075	22241	23442
Befejezett általános iskola (8. osztály)	0 - 14	22758	12	0	0	0	0
	15 - 19	214678	5082	832	87	2	0
	20 - 24	17839	11199	5669	2173	501	130
	25 - 29	8135	8831	7821	4866	1730	950
	30 - 34	6748	8905	9977	7539	3103	2262
	35 - 39	6907	11013	14767	11452	4842	3778
	40 - 44	5525	9708	17484	12670	5305	4130
	45 - 49	1723	3321	6998	4783	1956	1484
	50 - x	56017	190825	408636	144189	39924	22501

C.3. táblázat. Nők lélekszáma 2011-ben (KSH egyedi adatigénylés)

2011							
Végzettség	Kor-csoport	0	1	Gyermekek száma			
				2	3	4	5+
Befejezett szakmunkás- képző iskola, szakiskola	0 - 14	0	0	0	0	0	0
	15 - 19	5672	310	19	2	0	0
	20 - 24	26410	6175	1191	176	26	5
	25 - 29	18676	14421	6940	1718	308	94
	30 - 34	17655	26325	22044	7503	1262	448
	35 - 39	12671	29299	35074	13181	2563	805
	40 - 44	7217	21264	36847	13719	2788	1152
	45 - 49	1944	6444	14074	5235	1117	451
	50 - x	14731	56780	151355	42559	7862	2943
Befejezett középiskola	0 - 14	0	0	0	0	0	0
	15 - 19	53440	233	6	0	1	0
	20 - 24	178694	7596	952	89	8	0
	25 - 29	79238	26317	8442	1225	141	12
	30 - 34	48408	45673	30793	6121	626	138
	35 - 39	27527	46184	51069	13236	1853	508
	40 - 44	14971	38221	56852	16226	2607	770
	45 - 49	3989	11541	20964	5689	977	328
	50 - x	62692	178575	330417	64563	9663	3047
Befejezett felsőfokú iskola	0 - 14	0	0	0	0	0	0
	15 - 19	0	0	0	0	0	0
	20 - 24	37371	545	36	2	0	0
	25 - 29	88850	13931	3293	281	29	1
	30 - 34	60320	37871	25440	3952	438	74
	35 - 39	28985	30885	38579	10179	1553	381
	40 - 44	13411	21217	34372	10883	2015	647
	45 - 49	3484	7108	13057	3751	726	245
	50 - x	42351	82163	152694	33180	5199	1775

C.3. táblázat. Nők lélekszáma 2011-ben (KSH egyedi adatigénylés)

2016							
Végzettség	Kor-csoport	0	1	Gyermekek száma			
				2	3	4	5+
Általános iskola 0-7. osztálya	0 - 14	670089	38	0	0	0	0
	15 - 19	7017	740	178	66	32	0
	20 - 24	1246	461	505	381	121	13
	25 - 29	1155	286	597	654	397	330
	30 - 34	1032	395	654	807	485	664
	35 - 39	1377	486	430	768	604	854
	40 - 44	1377	561	413	697	483	1191
	45 - 49	574	219	306	380	281	484
	50 - x	16619	32665	53623	28544	13067	13432
Befejezett általános iskola (8. osztály)	0 - 14	21744	6	0	0	0	0
	15 - 19	174369	4395	911	89	15	0
	20 - 24	16974	11014	5928	2139	393	32
	25 - 29	8590	7768	7661	4773	1695	959
	30 - 34	5759	6178	7532	5864	2234	1828
	35 - 39	6350	7345	9383	7677	3487	2918
	40 - 44	7154	10306	12934	10010	4599	3742
	45 - 49	2362	3548	5159	4282	1527	1524
	50 - x	52202	166121	357822	130542	35232	20192
Befejezett szakmunkás-képző iskola, szakiskola	0 - 14	0	0	0	0	0	0
	15 - 19	7538	312	43	0	0	0
	20 - 24	22923	5274	1185	154	29	0
	25 - 29	17111	10119	4837	939	194	26
	30 - 34	11433	12814	10374	3645	1079	253
	35 - 39	11068	20810	23010	9617	2238	707
	40 - 44	9906	24548	33539	12687	2911	1109
	45 - 49	3592	7915	13358	4884	1058	552
	50 - x	21509	70847	169740	49438	9062	3207

C.4. táblázat. Nők lélekszáma 2016-ban (KSH egyedi adatigénylés)

2016							
Végzettség	Kor-csoport	0	1	Gyermekek száma			
				2	3	4	5+
Befejezett középiskola	0 - 14	0	0	0	0	0	0
	15 - 19	45803	265	19	0	0	0
	20 - 24	180094	7581	805	88	43	0
	25 - 29	88326	24601	7417	1167	145	0
	30 - 34	45739	33184	20771	5921	508	179
	35 - 39	32546	42514	42050	11894	1165	409
	40 - 44	22928	45103	54635	15982	2856	857
	45 - 49	6324	15003	22485	5743	983	286
	50 - x	69279	202728	370047	77200	10770	3353
Befejezett felsőfokú iskola	0 - 14	0	0	0	0	0	0
	15 - 19	0	0	0	0	0	0
	20 - 24	35198	256	72	0	10	15
	25 - 29	94902	10982	2504	324	94	0
	30 - 34	64451	31913	21384	3489	270	41
	35 - 39	42164	37755	45450	11472	1812	296
	40 - 44	24893	31283	45958	15482	2319	646
	45 - 49	6112	9468	15286	4415	1175	518
	50 - x	52201	105875	191463	44194	7471	2246

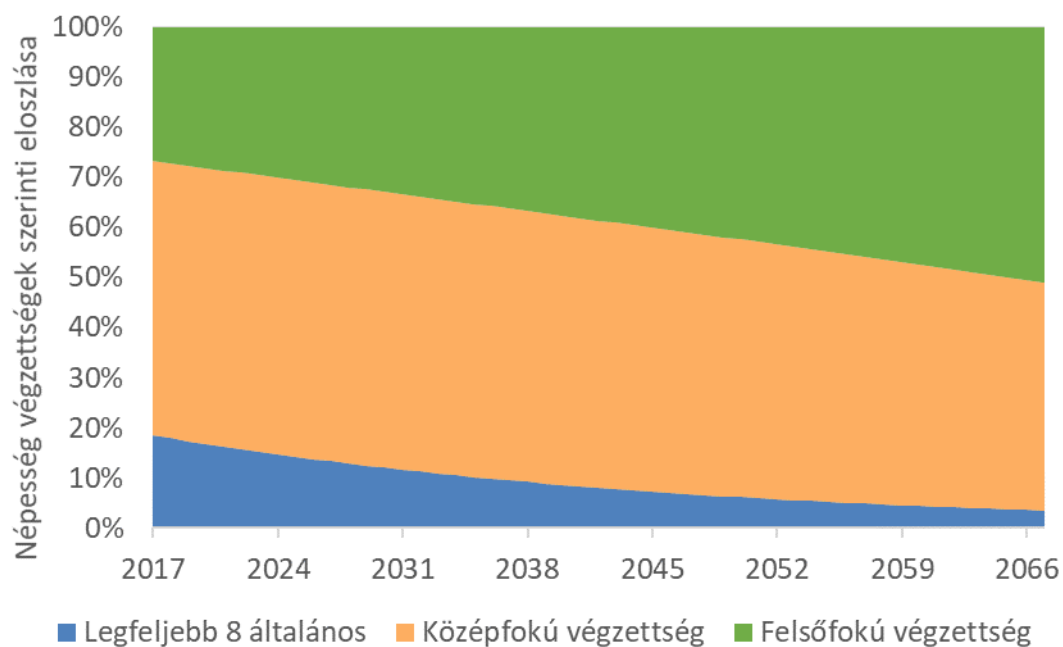
C.4. táblázat. Nők lélekszáma 2016-ban (KSH egyedi adatigénylés)

D. Determinisztikus végzettségek alakulásának valószínűsége

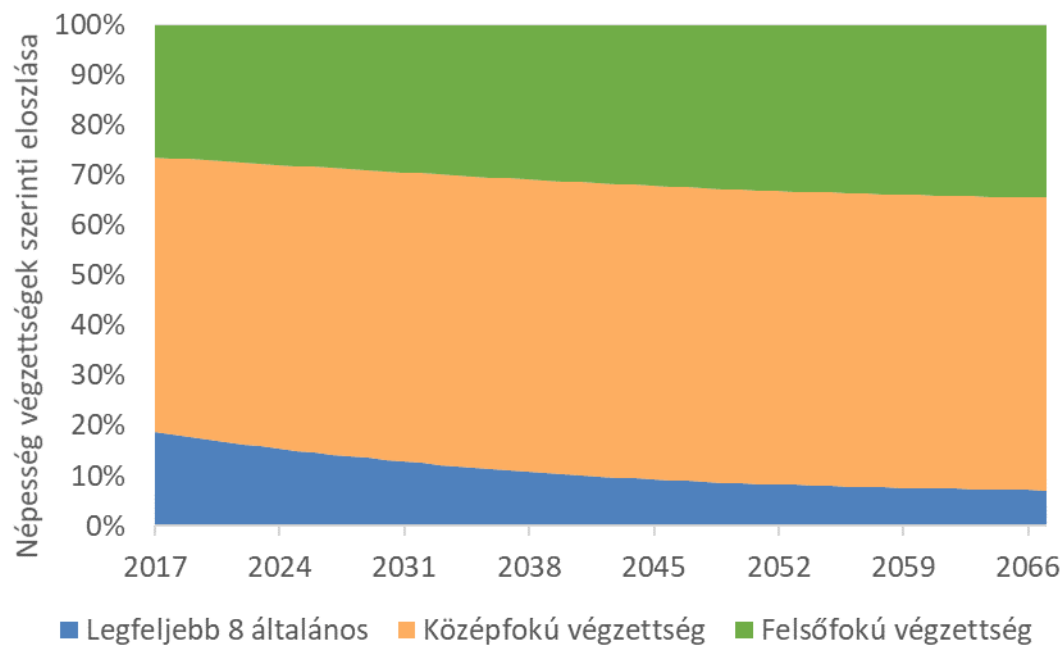
Típus	Gyermek neme	Anya végzettség	Gyermek végzettség		
			8 általános	Középfokú	Felsőfokú
Alap	Férfi	8 általános	0,0131	0,7255	0,2614
		Középfokú		0,5256	0,4744
		Felsőfokú		0,2375	0,7625
	Nő	8 általános	0,0130	0,6990	0,2880
		Középfokú		0,4738	0,5262
		Felsőfokú		0,1604	0,8396
Pesszimista	Férfi	8 általános	0,7500	0,2500	
		Középfokú		0,7500	0,2500
		Felsőfokú		0,5000	0,5000
	Nő	8 általános	0,7500	0,2500	
		Középfokú		0,7500	0,2500
		Felsőfokú		0,5000	0,5000
Optimista	Férfi	8 általános		0,5000	0,5000
		Középfokú		0,3000	0,7000
		Felsőfokú			1,0000
	Nő	8 általános		0,5000	0,5000
		Középfokú		0,3000	0,7000
		Felsőfokú			1,0000

D.1. táblázat. Determinisztikus végzettségek alakulásának valószínűsége

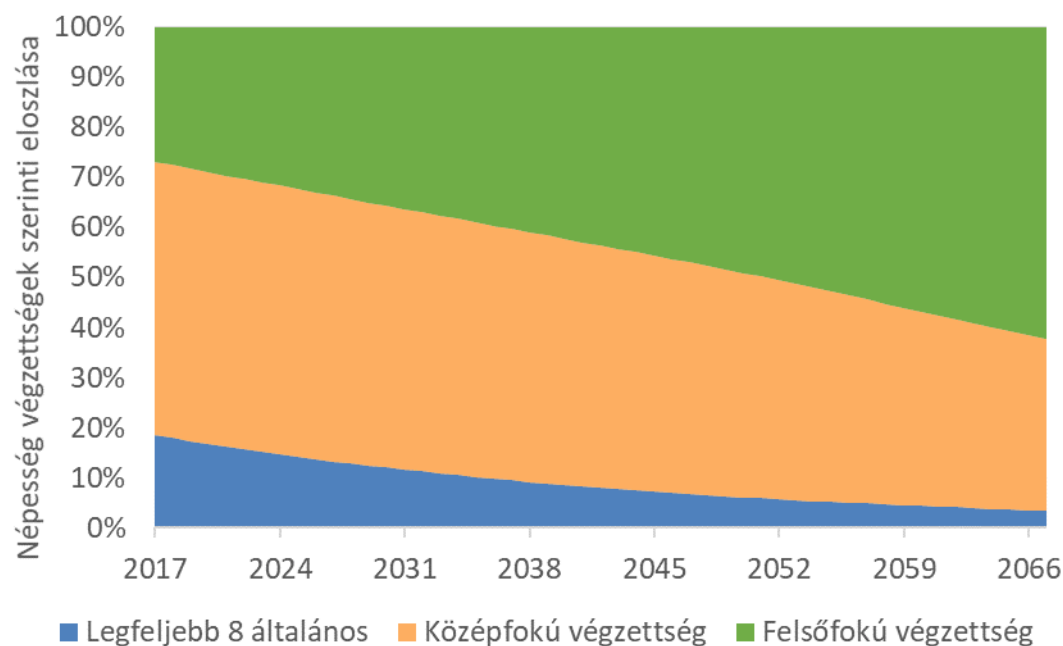
E. Különböző karrier modellek végzettség eloszlásainak alakulása



E.1. ábra. Végzettségek eloszlása a karrier modell alap scenáriója esetén



E.2. ábra. Végzettségek eloszlása a karrier modell pesszimista scenáriója esetén



E.3. ábra. Végzettségek eloszlása a karrier modell optimista scenáriója esetén

F. Nyugdíj szorzók

Szolgálati idő	Szorzó	Szolgálati idő	Szorzó
0-14	0	33	0,71
15	0,43	34	0,72
16	0,45	35	0,73
17	0,47	36	0,74
18	0,49	37	0,755
19	0,51	38	0,77
20	0,53	39	0,785
21	0,55	40	0,8
22	0,57	41	0,82
23	0,59	42	0,84
24	0,61	43	0,86
25	0,63	44	0,88
26	0,64	45	0,9
27	0,65	46	0,92
28	0,66	47	0,94
29	0,67	48	0,96
30	0,68	49	0,98
31	0,69	50	1
32	0,7	51+	1

E.1. táblázat. Nyugdíj szorzók