



**Gazdaságinformatika  
Doktori Iskola**

## **TÉZISGYŰJTEMÉNY**

**Burka Dávid**

**Demográfiai előrejelzések és nyugdíj kutatás  
támogatása mikroszimulációs módszertanok  
alkalmazásával**

című Ph.D. értekezéséhez

**Témavezetők:**

**Dr. Tasnádi Attila**  
egyetemi tanár

**Dr. Mohácsi László**  
adjunktus

Budapest, 2019

**Számítástudomány tanszék**

# **TÉZISGYŰJTEMÉNY**

**Burka Dávid**

**Demográfiai előrejelzések és nyugdíj kutatás  
támogatása mikroszimulációs módszertanok  
alkalmazásával**

című Ph.D. értekezéséhez

**Témavezetők:**

**Dr. Tasnádi Attila**  
egyetemi tanár

**Dr. Mohácsi László**  
adjunktus

© Burka Dávid

# Tartalomjegyzék

1.	Kutatási előzmények és a téma indoklása .....	2
2.	Felhasznált módszerek .....	4
2.1.	Mikroszimuláció .....	4
2.2.	Kvalitatív, feltáró kutatás .....	6
2.3.	Rendszerfejlesztés .....	7
2.4.	Statisztikai módszerek .....	7
3.	Az értekezés eredményei .....	8
3.1.	Magyar adatforrások .....	8
3.2.	Mikorszimulációs keretrendszer .....	9
3.3.	Népesség összetételének vizsgálata.....	12
3.4.	Nyugdíjrendszer adekvátsága.....	14
3.5.	Nyugdíjrendszer pénzügyi fenntarthatósága .....	17
3.6.	Konklúzió.....	19
4.	Főbb hivatkozások .....	21
5.	A témakörrel kapcsolatos saját publikációk.....	22

# 1. Kutatási előzmények és a téma indoklása

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.

Egy öszülő társadalom esetén elengedhetetlen az idős népesség megfelelő életkörülményeinek biztosítása. Azokban az országokban, ahol a nyugdíjrendszer kiadásait az aktív dolgozók befizetésesei fedezik, a rendszer pénzügyi fenntarthatósága jelentős reformokon keresztül valósítható csak meg. Magyarország történelmi okok miatt ebbe a csoportba tartozik.

A hosszú távú előrejelzések során a rövidtávúhoz képest nagyságrendileg megnő a kiinduló adatok hibáinak az eredményekre gyakorolt hatása. Ezen felül a társadalmi változások nyomán követéséhez elengedhetetlen a népesség különböző tulajdonságok mentén vett eloszlásának vizsgálata is.

Az 1990-es rendszerváltás előtt a legtöbb munkavállaló folyamatosan foglalkoztatásban állt, ám napjainkra egyre gyakoribb jelenség a töredezett karrierpálya. Ennek a változásnak a következő évtizedek-

ben jelentős hatása lesz a nyugdíjrendszerre, így az előrejelzések kapcsán mindenképp figyelembe kell venni ezt a folyamatot is. 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-ágens alapú modellezés. Ezek általában nem írhatók le egy folytonos függvénnyel, viszont modellezhetők az egyének szintjén például Markov-láncok vagy összetett szabályrendszerek segítségével. A mikroszimulációs módszertanon alapuló előrejelzések 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 kutatás célja a mikroszimulációs megközelítésre épülő demográfiai és gazdasági előrejelzések megvalósításához szükséges elemzési környezet megteremtése és az ehhez kapcsolódó módszertanok verifikálása. A cél nem a tényleges társadalmi és gazdasági problémákra történő válaszadás, hanem a módszertan kidolgozása és részletesen kidolgozott hatásvizsgálatokon keresztül történő bemutatása. A kutatás támogatása érdekében megtervezésre és lefejlesztésre került egy szimulációs keretrendszer is, mely lehetőséget ad a felvetett kutatási kérdésekkel kapcsolatos modellek implementálására és a hatásvizsgálatok elvégzésére. 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. Felhasznált módszerek**

A fejezetben bemutatásra kerülnek az értekezés fókuszában álló mikroszimulációs módszertan főbb jellemzői és az alternatív megoldásokkal szembeni előnyei. Ismertetésre kerülnek továbbá a módszertan hátrányainak áthidalása érdekében alkalmazott megközelítések is.

### **2.1. Mikroszimuláció**

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. A legegyszerűbb becslések idősoros, makró szintű mutatókon – mint például a populáció mérete – alapulnak, és ezeket a

mutatókat trendillesztéssel 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 – csoportosítás helyett – minden egyes egyed életpályáját külön követi. 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).

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 nyugdíjrendszer fenntarthatósága érdekében tett lépések jelentősen befolyásolhatják a demográfiai trendek alakulását, ráadásul az egyes változtatások, reformok közvetlen vagy közvetett módon egymásra is hatással lehetnek. Tehát figyelembe kell venni az egyes mutatók közti kapcsolatokat is. 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. Egy jelenséget a személy életpályája mentén leíró függvényben bármikor – akár többször is – bekövetkezhet szakadás. 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.

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 adekvátsága 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.

A mikroszimulációs megoldások alkalmazása esetén 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 és a szükséges számítási kapacitás, akkor a mikroszimuláció a legalkalmasabb a nyugdíjrendszer hatásvizsgálatával kapcsolatos demográfiai előrejelzések kivitelezésére.

## **2.2. Kvalitatív, feltáró kutatás**

A mikroszimuláció megvalósíthatóságának egyik fő korlátja a megfelelően részletezett adathalmazok hiánya. Ezért a kvantitatív elemzések mellett a kutatás részét képezi a Magyarországon rendelkezésre álló adatforrások részletes kvalitatív vizsgálata az aktuális törvé-



nyi keretek alapján. Az elemzések kitérnek az adatgyűjtési folyamatokra, az adatvédelmi korlátozásokra, illetve az elérhető adatok minőségének kérdéseire is.

### **2.3. Rendszerfejlesztés**

A kutatás részét képezi egy olyan szimulációs keretrendszer megvalósítása, mely lehetőséget ad a felvázolt modellek megvalósítására. Az értekezés bemutatja a teljes fejlesztési életciklust a specifikációtól kezdődően, a speciális technikai megoldásokon át, egészen a gyakorlati felhasználásig. A keretrendszer aktuális verziója bárki számára hozzáférhető a GitHub-on ([dburka001/SimulationFramework](https://github.com/dburka001/SimulationFramework)).

### **2.4. Statisztikai módszerek**

A modellbemenetek és a kapcsolódó paraméterek előállításához több különböző, széles körben alkalmazott, általános statisztikai módszerek használatára is szükség van (pl.: adattisztítás, sztenderdizálás). Ezek mellett a különböző adatforrások közti kapcsolat megteremtése a statistical matching eljárással valósul meg.

A halálzási és szülési valószínűségek továbbvezetése pedig a Lee-Carter modellel (Lee/Carter, 1992) történik. Az értekezésnek nem célja a mutatók pontos előrejelzése, és csak az átláthatóság kedvéért esett a választás a legismertebb – bár számos tanulmány által bírált (Vétekás, 2016) – modellre.

Bizonyos modellek esetén szükség lehet az egyedek olyan historikus adataira, melyek nem érhetők el minden évre. Az öregségi nyugdíj kiszámításához például ismerni kell az egyed jövedelmét és járulékbefizetéseit a teljes életpályája során. Az induló állapot hiányzó adatainak előállítása szintetikus megközelítéssel valósul meg

(Spielauer, 2009), tehát egy fordított irányú szimuláció megvalósításával a modell paramétereit felhasználva vannak meghatározva az egyedek ismeretlen tulajdonságai.

### **3. Az értekezés eredményei**

A következőkben az első fejezetben leírt kutatási kérdések mentén kerülnek ismertetésre az értekezés eredményei. Az első két alfejezet a mikroszimulációs módszertan nehézségeinek áthidalásával foglalkozik. A fennmaradó részek pedig a módszertanban rejlő lehetőségekre fókuszálnak, és a megvalósított keretrendszer segítségével felépített modellekkel támasztják alá az állításokat.

#### **3.1. Magyar adatforrások**

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.

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 részletettségüket 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.

### **3.2. Mikorszimulációs keretrendszer**

A mikorszimulációs módszertan a különböző modellek összehasonlíthatóságának hiánya és az implementációs nehézségek következtében szorul háttérbe más előrejelző módszertanokkal szemben. Egy könnyen kezelhető és gyors mikorszimulációs keretrendszer viszont képes lehet áthidalni ezeket a problémákat. Az elérhető generalizált megoldások azonban nem elég rugalmasak, ráadásul inkább tekinthetők hasznos funkciók gyűjteményének, mint keretrendszernek.

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.

A keretrendszerrel kapcsolatban megfogalmazott célok teljesülése érdekében elengedhetetlen, hogy a megoldás egyszerre legyen ru-

galmas, 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. A leginkább rugalmas megoldás egy magas szintű programozási nyelv, melyben a teljes szimulációt a felhasználó építheti fel és ebben csak támogatják őt az előre megvalósított segédfüggvények. 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 kapcsán egy közel tízmilliós egyedszámú szimuláció fut le. Tehát a fejlesztés során rendkívül körültekintően kell eljárni, különben könnyen előfordulhat, hogy csak több nap alatt fut le egy-egy szimuláció. A mikroszimuláció projektív jellege 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.

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 törlődnek. 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 rejtnek 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 módosítha-

tóak, mégis egy egyszerű procedurális kód megírása elegendő az implementáláshoz. Mindeközben a modell magja párhuzamos architektúrán fut, ráadásul a futási időben történő kód generálás lehetővé teszi a logikai ellenőrzések jelentős részének eltávolítását – tovább gyorsítva ezzel a szimulációt.

### **3.3. Népeség összetételének vizsgálata**

Az iskolázottság és a gyermekek száma függvényében a nők gyermekvállalási trendjei között szignifikáns az eltérés, így érdemes ezen két kategóriaváltozó mentén is felbontani a népeséget a szülési valószínűségek továbbvezetése kapcsán. A családok gyermekszámok szerinti eloszlásának vizsgálata elengedhetetlen a gyermektámogatási programmal kapcsolatos döntések meghozatalához, míg a népeség összetételének alakulása a nyugdíjrendszerrel kapcsolatos kérdések kapcsán releváns.

A következőkben bemutatásra kerül egy olyan mikroszimulációs modell, mely a hagyományos tulajdonságok (életkor, nem) mellett 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 feltevéssel él, hogy a személyek jövedelme – és általában vett jóléte – kizárólag a végzettségüktől függ, a társadalmi helyzet viszont a személy életének minden aspektusára hatással van.

Figyelembe véve, hogy az adatgyűjtések alapján erősen korrelál a szülők és a gyermekek iskolai végzettsége (Andor/Liskó, 2000), egy egyén modellbeli legmagasabb iskolai végzettsége – determinisztikus úton – már a születése pillanatában eldől. A modell tekintetében egy az

anya végzettségén alapuló valószínűségi eloszlás határozza meg, hogy a gyermek milyen iskolákat végez majd el.

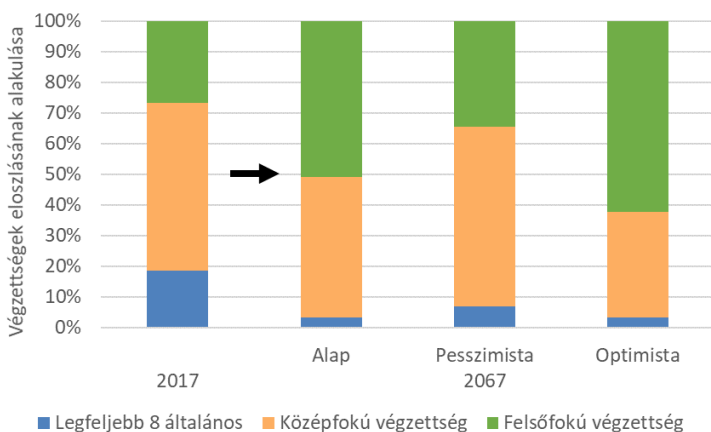
A karrier modell három különböző változata kerül implementálásra: A **alap** változat a valós adatokon alapul. A **pesszimista** változatban a gyermekek nem próbálnak túllépni a szüleiken, nagy valószínűséggel nem választanak a szüleiknél magasabb végzettségi szintet. Az **optimista** modellben pedig ezzel ellentétben a gyermekek szinte biztosan tovább tanulnak, mint a szüleik.

### **Karrier modell előfeltevések**

- A halálózási 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 halálózási 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.

A különböző karrier változatok megváltoztatják a népesség összetételét, de amíg a különböző valószínűségi eloszlások alkalmazásának hatásai a szimuláció elején még elenyészőek, ötven iteráció után már szignifikáns eltérések jelentkeznek az egyes karrier modell változatok között (1. ábra). Jól látható, hogy a három modell változat tehát

az elvárható módon reagált a karrier valószínűségek módosításaira, így összehasonlíthatók a változtatások hatásai más tulajdonságok esetén is.



1. ábra - Végzettség eloszlások átlagos alakulása

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.

### 3.4. Nyugdíjrendszer adekvátsága

A társadalmi csoportok közti különbségek a karrier modell eredményei alapján kerülnek implementálásra. A többségi társadalom iskolázottságának alakulását az alap karrier modell 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 scenárió 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 inkább az optimista karrier modellnek megfelelően jelenik meg a szimulációban.

### **Demográfiai előfeltevések**

- Érvényes minden, a karrier modellben fennálló előfeltevés.
- 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.

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 cikkben alapulnak. 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 a fent leírt társadalmi csoportokat tartalmazó demográfiai modellt egészíti ki a megfelelő nyugdíjszabályozással.

### **Jövedelemmel és nyugdíjjal kapcsolatos előfeltevések**

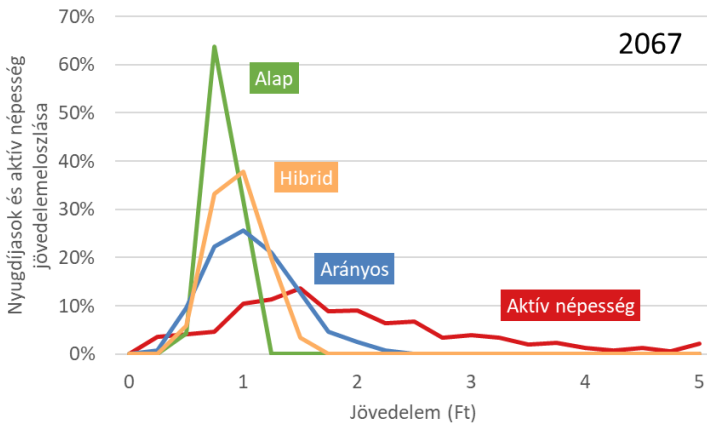
- Nincs infláció, és a nyugdíjalap nem valorizált értékeken alapul.
- A jövedelmek és azok növekedési üteme elsősorban az egyén iskolai végzettségétől függenek.
- A munkavállalói státusz a pályakezdés időpontjától eltekintve mindig csak a legutóbbi év státuszától függ.
- A nők szüléskor mindig egy éves szülési szabadságra mennek (GYES).
- A jövedelmek a munkában töltött évekkal 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.

A modellekben a jövedelem az egyének iskolai végzettségétől és a munkában töltött évektől függ. A rendszerváltás óta megváltozott foglalkoztatási trendek következtében a munkavállalók szolgálati ideje azonban gyakran erősen töredezett. Így a jövedelmek – és ehhez kapcsolódóan nyugdíjak – továbbvezetése kapcsán elengedhetetlen a munkában töltött idő modellezése is.

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.

A modellek a kiinduló állapotában (2017) az arányos nyugdíjrendszer esetén vannak a legnagyobb arányban az alacsony nyugdíjjal rendelkezők. A szimuláció során ez az eloszlás folyamatosan átrendeződik, és megváltozik a felállítás (2. ábra). Az alap nyugdíj esetén az évek előre haladásával egyre jobban elmarad a nyugdíjasok jövedelme az aktív népességétől. Ennek oka, hogy az infláció hiánya ellenére az átlagfizetések folyamatosan nőnek, mivel egyre több a magasabb végzettségű aktív dolgozó. A változó nyugdíjak esetén az eloszlás az aktív népességéhez hasonló módon tolódik el a magasabb jövedelmek felé. Tehát a rendszer adekvátsága nehezen fenntartható a fix alap nyugdíj esetén.



2. ábra - Jövedelem eloszlás a szimuláció végén

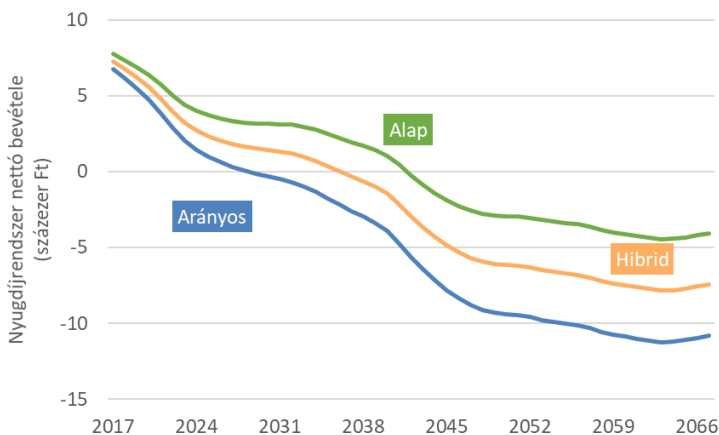
Az átlagos nyugdíj és az átlagos jövedelem hányadosaként előálló adekvátsági rátát (Freudenberg/Berki/Reiff, 2016) megvizsgálva is az alap modell teljesít a legrosszabbul. Az egyes ráták változását leíró

grafikonok azonban végig párhuzamosak, míg az eloszlások vizsgálata során csak a szimuláció előre haladtával szorult háttérbe az alap modell.

Tehát a mikroszimulációból kinyerhető eloszlások vizsgálatából nyerhető hasznos információk elveszhetnek, amennyiben csak az aggregált mutatók állnak rendelkezésre.

### 3.5. Nyugdíjrendszer pénzügyi fenntarthatósága

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



3. ábra – Nyugdíjrendszerek nettó bevétele

Felmerülhet azonban számos olyan, a modellek szempontjából exogén jelenség, amelyek pozitív hatással lehetnek a nyugdíjrendszerek költségvetésére (pl.: aktuális gyermektámogatási program). 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.

Az értekezés kapcsán vizsgált példákban a rövid gazdasági fel lendülés esetén a nyugdíjrendszer pénzügyi fenntarthatósága javult, de – az arányos modellekben – ez a hatás idővel a visszájára fordult, és az eredetinel is nagyobb hiányt eredményezett. A korhatár növelés egyértelműen javította a költségvetés helyzetét, de nyugdíjrendszertől függetlenül 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 megvalósított keretrendszer sebességének köszönhetően lehetővé teszi számos különböző eset összehasonlítását, tehát a mikroszimuláció alkalmas az olyan összetett problémákkal kapcsolatos hatásvizsgálatok elvégzésére, mint a nyugdíjrendszer pénzügyi fenntarthatóságának biztosítása.

### **3.6. Konklúzió**

Az értekezésben bemutatott nyugdíjmodellek távol állnak a mikroszimuláción alapuló demográfiai – vagy nyugdíj – modellek kapacitáskorlátjaitól. Gyakorlatilag bármilyen komplexitású modell megvalósítható ezzel a módszerrel, és a keretrendszer segítségével számos különböző módon paraméterezett szimuláció futtatható elfogadható időkereten belül.

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 (1. 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.

<b>Modell</b>	<b>Futási idő</b>	<b>Szimulációk száma</b>
Demográfiai alap	0:06:05	1
Karrier	0:21:01	3
Társadalmi csoport	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

*1. táblázat - Szimulációk futási idejei*

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 megvalósított keretrendszer 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.

## 4. Főbb hivatkozások

Andor, Mihály/Liskó, Ilona (2000): Iskolaválasztás és mobilitás. Iskolakultúra

Csicsman, Josef/Fényes, Cecília (2012): Developing the Microsimulation Service System. Hungarian Electronic Journal of Sciences

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

Freudenberg, Christoph/Berki, Tamás/Reiff, Ádám (2016): A long-term evaluation of recent Hungarian pension reforms. MNB Working Papers – Technical report

Holtzer, Péter (2010): Jelentés a Nyugdíj és Idoskor Kerekasztal tevékenységéről. Budapest: Miniszterelnöki Hivatal

Lee, Ronald D/Carter, Lawrence R (1992): Modeling and forecasting US mortality. Journal of the American statistical association, 87, Nr. 419, 659–671

Mohácsi, László (2014): Gazdasági alkalmazások párhuzamos architektúrákon. Ph.D thesis, Budapesti Corvinus Egyetem

Simonovits, András (2007): Nyugdíjmodellek. Magyar Tudomány, 168, Nr. 12, 1527–1533

Spielauer, Martin (2009): Microsimulation Approaches. Statistics Canada working paper

Vékás, Péter (2016): Az élettartam-kockázat modellezése. Ph.D thesis, Corvinus University of Budapest

## **5. A témakörrel kapcsolatos saját publikációk**

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

Ágoston, Kolos Csaba et al. (2019): Klaszterelemzési eljárások halandósági adatokra. Statisztikai Szemle (Megjelenés folyamatban)

Csernai, Márton et al. (2019): Dynamics of sleep oscillations is coupled to brain temperature on multiple scales. The Journal of Physiology (Megjelenés folyamatban)