



**MAGYARORSZÁG HOSSZÚ TÁVÚ TÁRSADALMI ÉS
GAZDASÁGI FEJLŐDÉSI PÁLYÁJÁNAK ELŐREJELZÉSE**

WP3 Társadalmi-gazdasági folyamatok modellezése 2050-ig

D3.1

A MODELLEZÉS LEHETŐSÉGEI



MTA Közgazdaság- és Regionális Tudományi Kutatóközpont

Regionális Kutatások Intézete

2015

Készítette:

Farkas Jenő

Király Gábor

Koós Bálint

Lennert József

Sebestyén Tamás

Tagai Gergely

Zsibók Zsuzsanna

<http://nater.rkk.hu>

A jelen tanulmány kiadása Izland, Liechtenstein és Norvégia EGT-támogatásokon és a REC-n keresztül nyújtott anyagi hozzájárulásával valósult meg. A jelen dokumentum tartalmáért az MTA KRTK felelős.

A Projekt izlandi, liechtensteini és norvégiai támogatásból valósul meg.

A szerződés azonosítószáma: EEA-C12-11



REGIONAL ENVIRONMENTAL CENTER

Tartalom

Demográfiai előrejelzés	4
A népesség-előreszámítás módszertana	6
Az országos status quo morbiditás és mortalitás szimuláció bemutatása	15
A járási deprivációs modell elméleti-módszertani megfontolásai	21
Gazdasági előrejelzés	27
Modelltípusok	27
A modell regionalizálása	31
Kapcsolódási pontok, korlátok	33
A földhasználat-változás modellezése	35
A környezet modellezése	35
A felszínborítás változás modellezésének céljai	36
Módszertani megközelítések és alkalmazott szimulációs környezet	36
Jövőbeni fejlődési irányok és kihívások	42
Hazai példák	43
Az általunk kiválasztott szoftvercsomag és módszer	44
A modellezés céljai és elvi menete	45
Irodalom	47

DEMOGRÁFIAI ELŐREJELZÉS

A *Társadalmi-gazdasági folyamatok modellezése 2050-ig* c. projekt demográfiai moduljának szerepe, hogy a jövőben várható társadalmi és gazdasági folyamatok demográfiai hátterének előrevetítésére kísérletet tegyen. A népesedési folyamatokkal kapcsolatos feltételezések hozzájárulhatnak a klímaváltozás által befolyásolt társadalmi és gazdasági jelenségek hátterének értékeléséhez. Ennek keretében cél, hogy a modellezés minderről olyan adatokat szolgáltatson, amelyek a NATÉR rendszerbe is beépülhetnek, és gazdagíthatják a jövőre vonatkozó társadalmi, gazdasági, környezeti feltételezések és információk körét. Ennek a törekvésnek fontos eleme, hogy az országos prognózisok mellett alacsonyabb területi bontásban is (járási szinten) elkészüljön az előreszámítás, így árnyalva a jövőben elképzelhető hazai demográfiai helyzetképet.

A projekt harmas számú munkacsomagjához tartozó hosszú távú demográfiai előrejelzést előzetesen a klímaváltozás hazai hatásainak figyelembe vételével szerettük volna modellezni. A demográfiai modellépítés előtt elvégzett, részben a kettes munkacsomaghoz tartozó irodalmi feltáró munka eredményeinek értékelése után azonban úgy döntöttünk, hogy a demográfiai jövőkép modellünkbe nem integrálunk klímaváltozáshoz köthető paramétereket.

Döntésünk mellett szóló első érv a klímaváltozás emberi egészségre gyakorolt hatásainak vizsgálatából és azok magyarországi relevanciájának figyelembevételén alapszik. A Kormányközi panel a klímaváltozásról (IPCC) legutóbbi jelentésében külön fejezet foglalkozik a klímaváltozás és az emberi egészség közötti összefüggések bemutatásával (Smith, K.R. et al. 2014). A jelentés átfogó képet ad a vonatkozó kutatások eredményeiről, kiemelten hangsúlyozva a már bizonyított hatásokat, a lehetséges jövőbeli változásokat és az adaptációs lehetőségeket. A szerzők a klímaváltozás egészségügyi hatásait három főcsoportba osztották. Direkt hatások között említik az extrém időjárási viszonyokat (hőhullám, vihar), mert ezek közvetlenül hatnak az emberi egészségre. Indirekt hatások esetében már közvetítő rendszereken keresztül kerülhet veszélybe az emberi egészség. Erre példa a felmelegedés miatt egyes fertőző betegségeket terjesztő rovarok (szúnyogok és kullancsok) vagy allergéneket termelő növények életterében történő változás, ami megnövelheti a veszélyeztetett népesség számát. Harmadik típusú hatásként kezelik azokat, amelyek gazdasági vagy társadalmi zavarok mentén erősítik fel a klímaváltozás helyi hatásait, mint például az alultápláltság vagy a mentális stressz (Smith, K.R. et al. 2014).

Ezekre a megállapításokra szorosan reflektálva a Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia tervezete (NÉS 2015) megjelölt három fő területet, ahol Magyarországnak az emberi egészséget veszélyeztető hatásokkal kell számolnia a jövőben:

- I. *Népegészségügyi terület* (hőhullámok okozta többlethalálozás, étel- és italbiztonsági zavarok, katasztrófa jelenségek, szmoghelyzet és légszennyezés, allergén növények térben és időben történő terjedése).
- II. *Fertőző betegségek* (veszélyt jelenthet egyes kullancsok, szúnyogok és rágcsálók elterjedése, amelyek terjesztői lehetnek olyan fertőző betegségeknek, mint például a Lyme kór, kullancs encephalitis; de veszélyt jelenthet még a behurcolt maláriás esetek számának növekedése vagy az élelmiszerekkel terjedő bakteriális betegségek – salmonellosis – gyakoriságának a növekedése).
- III. *Daganatos betegségek* (várható az erősödő UV sugárzásra visszavezethető melanoma gyakoriságának a növekedése).

Ezen a ponton a következő kérdés az volt, hogy a felsorolt egészségügyi hatások befolyásolhatják-e az ország demográfiai jövőképét, pontosabban hozzájárulhatnak-e a halálozási ráta számottevő növekedéséhez. Vizsgálatunkban arra a megállapításra jutottunk, hogy vagy nem mutatható ki, illetve nem feltételezhető összefüggés, vagy pedig a kapcsolat kimutatásához nem rendelkezünk a megfelelő adatbázis háttérrel. A hazai szakirodalomban a téma a legrészletesebben a hőhullámok okozta többlethalálozás kapcsán kerül előtérbe. (Páldy, A. – Bobvos, J. 2014). Páldy Anna és Bobvos János eredményei egyértelműen bizonyítják a kapcsolatot az extrém meleg időjárás és a többlethalálozás között, ugyanakkor a szerzők hangsúlyozzák, hogy ez még országos szinten is évente körülbelül 1000 extra halálestet jelent. Ez a nagyságrend azonban még úgy sem befolyásolja érdemben a jövőbeli halálozási rátát, ha tudjuk, hogy a magyarországi klímaváltozás projekciók kiemelten hangsúlyozzák a hőség napok számának növekedését (Láng, I. és mtsai. 2007).

Erre a megállapításra támaszkodva döntöttünk úgy, hogy demográfiai modellünkbe nem integrálunk klímaváltozási paramétereket, hiszen a leg súlyosabbnak tartott egészségügyi hatásnak is csak marginális befolyása volna a jövőre nézve, ami különösen igaz, ha figyelembe vesszük, hogy előrejelzéseink járási szinten készültek el.

A klímaváltozás paraméterek mellőzését indokolja még, hogy a párhuzamosan futó másik két előrejelzési modul saját modellezési feladatában figyelembe vette ezeket a változókat. Ez megfelel annak a feltételezésnek, miszerint a klímaváltozás várható magyarországi hatásainak jelentősége erősebbek, vagyis jobban kimutathatóak lesznek a gazdasági fejlődés és a földhasználat változás projekcióiban, mint a népességváltozásban. Ugyanakkor ez a két modellezési

terület bemeneti adatként használja a demográfiai modell eredményeit, ilyen formán a három modellt egy egységben lehet kezelni.

Emellett a demográfiai modellezés során megvalósuló járási népességszám-előrevetítés önmagában is támogatja a várhatóan bekövetkező környezeti változások népességre gyakorolt hatásainak és összefüggésrendszerének megalapozását. A klímaváltozás hatásai által érintett társadalmi és gazdasági folyamatok eltérő módon érvényesülnek a népesség egyes csoportjaiban. Ezért fontos, hogy a területi népesség-előreszámítás eredményei cizellált adatokat szolgáltatathatnak a népességváltozás várható irányairól nemek és korcsoportok szerinti bontásban, 176 területi egységre (175 vidéki járás + Budapest). Az előrevetített népesség demográfiai jellemzőinek ismerete pedig a különböző klímahatásoknak – és ezen keresztül érvényesülő társadalmi és gazdasági hatásoknak – jövőben potenciálisan kitett népességről szolgáltathat érdemi információkat.

Annak érdekében, hogy a demográfiai modell még inkább hozzá tudjon járulni a projekt célkitűzésében megfogalmazott adaptációs képesség fejlesztéséhez, az országos modellt kiegészítettük egy *status quo morbiditás* és *mortalitás* szimulációval. Ennek az alapját azok a kutatások adták, amelyek bizonyították, hogy hőhullámok idején bizonyos betegségben szenvedők esetében megnövekszik a korai elhalálozás kockázata (Smith, K.R. et al. 2014). Országos modellünk arra vonatkozólag ad becslést, hogy ezen kiemelt betegségek miatt várhatóan mekkora lesz a veszélyeztetett népesség száma Magyarországon 2050-ig terjedő időszakban. Ezen kívül egy járási szintű deprivációs helyzetkép előrevetítésére is sor került, annak érdekében, hogy illusztrálja a szegénység által veszélyeztetett társadalmi csoportok lehetséges jövőbeli területi elhelyezkedését. A klímaváltozás hatásai a deprivált térségek lakóit fokozottan és többes hatásrendszereken keresztül érinthetik, így a szegénységi helyzetkép megismerése ennek lehetséges interpretációihoz is adalékkal szolgálhat.

A népesség-előreszámítás módszertana

Népesség-előreszámítási eljárások áttekintése

A népesség-előreszámítások évszázados története során számos különböző megközelítés és eljárás alakult ki. A népességszám-prognózisok matematikai-statisztikai módszerei mellett ismertek olyan (szubjektív) eljárások, amelyek különböző analógiákra, általános benyomásokra vagy személyes tapasztalatokra alapozva tesznek kísérletet a népességszám jövőbeli előrebecslésére (Smith, S.K. et al. 2013). Ezek azonban rendszerint nem megismételhető, visszakövethető prognózisok, mivel az előreszámítás módszere nem egzakt módon meghatározott.

A matematikai-statisztikai alapú népesség-előreszámítási módszerek a számítások során alkalmazott eljárások alapján általában négy csoportba sorolhatók (O'Neill, B.C. et al. 2001 és Smith, S.K. et al. 2013 rendszerezése alapján):

Múltbéli tendenciák kivetítése a jövőbe különböző extrapolációs eljárásokkal. Az extrapolációs módszerek alapja, hogy a jövőre vonatkozó hipotézisek nélkül, kizárólag a múltbéli népességváltozások továbbvezetésével kerül meghatározásra a népességprognózis, feltételezve, hogy a jövőbeli népességszám követi a korábbi trendeket vagy levezethető a korábbi tendenciákból. Az egyszerűbb extrapolációs modellek két időpont figyelembevételével, egyszerű matematikai összefüggések segítségével (pl. lineáris, mértani vagy exponenciális extrapoláció) vetítik előre a várható népességszámot. Az összetett alkalmazások pedig több megfigyelési egység (időpont) adatai alapján készítenek különböző paraméterekkel kiegészített népességi prognózisokat. Az extrapolációs módszerek korlátja, hogy a múltbéli tendenciák kivetítésével készült népesség-előreszámítások megbízhatósága hosszú távú előrejelzések esetében csökken (tág konfidencia intervallum). Ezen kívül az extrapolációs eljárások elsősorban egy adott vizsgálati egység teljes népességének megadására alkalmasak leginkább, különböző népességi csoportok (nemek, korcsoportok stb.) szerinti felbontásra kevésbé. Mindezzel együtt a szimulációs eljárások számítástechnikai hátterének fejlődésével e módszerek pontossága növekszik, így egyre nagyobb teret kapnak a jelenleg alkalmazott népesség-előreszámítási modellek között.

Strukturális modellek. A strukturális népesség-előreszámítási modellekben a különböző demográfiai komponensek és a társadalmi, gazdasági, illetve egyéb (pl. technológia) tényezők közötti oksági kapcsolatok kerülnek középpontba. Az ilyen modellekben az utóbbi faktorok jövőbeli alakulására következtetve, és a népesedési tényezőkre való hatásukat ismerve/feltételezve lehet megbecsülni a népességszám változásának várható trendjeit (pl. munkahelyek számának várható emelkedése → vonzó munkaerő-piaci környezet → növekvő bevándorlás – Smith, S.K. et al. 2013). A strukturális alkalmazásokhoz kapcsolódó modellezési eljárások többféle, egyszerűbb és bonyolultabb matematikai-statisztikai műveletekkel végrehajthatók. Az egyes modelltípusok inkább a mentén különböztethetők meg, hogy mi a demográfiai tényezők mellé (magyarázóelemként) helyezett rendszer. Ebből a szempontból a legelterjedtebbek a demográfiai-gazdasági (gazdasági tevékenység, munkaerőpiac) és a városi rendszerekre fókuszáló (lakhatás, területhasználat, közlekedési hálózatok) strukturális népesség-előreszámítási modellek. E modelltípusokkal kapcsolatban általánosságban elismerik a népességi prognózisokba épített társadalmi és gazdasági tényezők hatásának fontosságát, mégis gyakorta kritizálhatók amiatt, hogy a feltételezett oksági kapcsolatokat

nem megfelelően számszerűsítik, illetve hogy olyan jövőre vonatkozó hipotézisekre támaszkodnak, amelyek még az egyszerű népességi előreszámításoknál is bizonytalanabbak.

Mikroszimulációk. A mikroszimulációs eljárások esetében nem egy adott népességtömeg demográfiai jellemzőire adott prognózis képezi a modell alapját. Figyelembe véve, hogy a népesség népmozgalmi jellemzői mögött egyéni helyzetek és döntések állnak, az ilyen eljárások esetében az egyéni élethelyzeteket modellezzük. Az népesedési jellemzőket befolyásoló értékválasztások, viselkedési mintázatok és tendenciák alapján kirajzolódó életutak természetesen nem adhatók meg a népesség egészére. Így ezek a modellek általában különböző népességi mintákra készülnek el, amelyek ha reprezentatívak az össznépességre vonatkozóan, akkor felskálázhatók erre a szintre, ezzel adva teljes képet a népesség várható (és aggregált) népmozgalmi magatartásáról. A mikroszimulációk előnye, hogy egyénre szabott jellegük miatt kisléptékű (pl. háztartási) előrebecslésekre is alkalmasak. Ezen kívül ezek a módszerek jól kezelik több tényezőcsoport együttes modellbeépítését, ami más matematikai-statisztikai módszerek esetében a kezelhetőség szempontjából okozhat problémákat – pl. exponenciálisan növekvő szimulációs kombinációk (kor, nem, különböző társadalmi csoportok szerinti beosztás) esetében. A módszer hátránya viszont, hogy ha nem vagy csak hiányosan ismertek a mintába választott egyének életeseményei, akkor a szimuláció nem valósítható meg.

Kohorsz-komponens módszer. A kohorsz-komponens módszer alkalmazása során a népességváltozás alapvető tényezőit korszecifikus jellemzők szerint vizsgálják, és ennek segítségével történik meg a népességszám továbbvezetése. Az alkalmazás előnye, hogy nem csak egy aggregált népességszám továbbvezetését végzi, hanem számos tényezőcsoportból építi fel a teljes népességet, így egyszerre szolgáltat adatokat a korcsoportokra, nemekre bontott, illetve egyéb társadalmi jellemzők alapján besorolt népesség számának jövőbeli alakulásáról. Ez egyben az alkalmazás pontosságát növeli, mivel, ha részletesebb bontásban állnak rendelkezésre a népesség számára és összetételére vonatkozó információk, és ha ezek változásának tényezői is ismertek vagy előrebecsülhetők ezen a szinten, akkor az előrevetített népességszám is jobb közelítéssel adható meg. Mindez azonban a modell kezelhetőségét is befolyásolja (nehezíti), hiszen minden egyes tényezőcsoport bevonása növeli a végigkövetendő kombinációk számát. Ezzel együtt a kohorsz-komponens módszer számítási módja egyszerű, és könnyen reprodukálható. Adatigénye sem nagy, a legtöbb modellalkalmazás alapvető népmozgalmi adatok becsatolásával működtethető. Összességében elmondható, hogy a kohorsz-komponens módszer a népesség-előreszámítások leginkább elfogadott és legszélesebb körben használt eljárása.

Az előbbi felsorolásban szereplő népesség-előreszámítási változatok nem jelentenek egymást kizáró választást egy-egy népességi prognózis előkészítése során. Múltbéli népesedési tendenciák előrevetítése szerepet kaphat a kohorsz-komponens alkalmazások hipotéziseinek felállítása során is, illetve ez a modelltípus használhat különböző társadalmi és gazdasági összetevőket a népességváltozás tényezőinek megállapításához.

A kohorsz-komponens módszer bemutatása

A *Társadalmi-gazdasági folyamatok modellezése 2050-ig* c. projekt népesség-előreszámítási moduljában a modellezési feladatok végrehajtására a kohorsz-komponens módszerre esett a választás, az alkalmazás viszonylag könnyen teljesíthető adatigénye, egyszerű számítási módja, reprodukálhatósága, megbízhatósága és a nemzetközi népességprognózisokban elfogadott (vezető) szerepe miatt.

A módszer alkalmazása több mint száz éves múltra nyúlik vissza a társadalmi kutatásokban (Cannan, E. 1895). A 20. század első felében azonban csak kísérleti jelleggel tűntek fel a kohorsz-komponens módszert használó népesség-előreszámítási modellek. Az alkalmazás elterjedése az évszázad második felétől kezdődött, amikor az ENSZ és később más nemzetközi szervezetek rendszeres globális és országokra bontott népességprognózisokkal jelentkeztek, amelyek alapja a kohorsz-komponens módszer volt (Földházi E. 2012).

A kohorsz-komponens vagy más néven alkotóelem módszer a népességváltozás tényezőinek (*komponensek*) korszecifikus (kor szerinti népességi *kohorszok*) előreszámításával végzi el a népességszám jövőre vonatkozó prognózisát. A modellben a kiindulási népességet a születések, halálozások és vándorlások száma és ezek mértékének jövőbeli változása módosítja az előreszámítási perióduson belül. Fontos, hogy az egyes népmozgalmi tényezőkre vonatkozó adatok korévenként vagy adott korcsoport szerinti bontásban legyenek megadva, hiszen csak ennek segítségével vezethető tovább az alapnépesség száma. Ez a modell adatigénye szempontjából kettős megítélésű. Egyrészt a módszer alkalmazása szempontjából kedvező, hogy csak kevés tényezőt szükséges számba venni, ugyanakkor bizonyos szempontból korlátot jelenthet, hogy szükséges ismerni az egyes népesedési faktorok kor szerinti megoszlását is.

A népességszám továbbvezetésének modelljében az új belépők számát/arányát a születések határozzák meg (születések száma, aránya vagy korszecifikus, illetve teljes termékenységi arányszám). Egy adott népességi kohorszban lévő népesség demográfiai életútját pedig a halálozási/túlélési valószínűségek jelölik ki (halálozások száma, halálozási ráta, túlélési valószínűség vagy adott korban várható élettartam). Mindezt a korszecifikus vándorlási jellemzők is módosítják (odavándorlások, elvándorlások száma, vándorlási egyenleg). Így alakul ki egy

olyan lépcsőzetes szerkezetű modell, amelyben a (z) (aktuális) kiindulási népességszám minden lépésben (évről-évre vagy bizonyos időszakonként pl. 5 év) módosításra kerül az újonnan született, elhalálozó, továbbélő, oda- vagy elvándorolt népesség számával (arányával), minden korcsoportot érintő kombinációban. Így lépésenként meghatározható az előrevetített népességszám egészen az előreszámítási időszak végéig.

A népességváltozási tényezők jövőbeli lefutásának meghatározásához szükséges bizonyos előre megadott hipotézisekkel élni. A jövőre vonatkozó feltételezések számos forrásból és módszerrel vezethetők le. Alapvető, hogy a hipotézisek meghatározásában jelentős szerepe van a múltbéli folyamatok értékelésének. Hosszú távú idősorok elemzésével kirajzolódnak azok a tendenciák, amelyek a jövőbeli népességváltozásoknak is mozgatórugói lehetnek. Ezek alapján dönthető el, hogy hosszabb ideje érvényben lévő trendek folytatódása várható a jövőben is, vagy bizonyos töréspontok tartós, más irányultságú változásokat indítanak el, esetleg megfigyelhetők ciklikus jelenségek is, amelyek ismétlődő bekövetkezése az előrevetített időszakon belül is várható. Ezen hipotézisek meghatározásához különböző matematikai-statisztikai extrapolációs eljárások járulhatnak hozzá, de sok esetben alkalmazható a modellezett terület demográfiai folyamatainak összevetése más térségekkel, ahol az előbbi esetében formálódó népesedési változások esetleg már bekövetkeztek.

A népességváltozási tényezők előrevetítésének ilyen szempontú megadása mellett a prognózisokat készítőik gyakran támaszkodnak szakértői véleményekre, és egy-egy esetben mérlegelni szükséges az esetlegesen megvalósuló szakpolitikai beavatkozások várható hatását is (pl. születésösztönző intervenciók). A hipotézisek kialakításának kereteit több esetben az a szempont is vezérelheti, hogy milyen folyamatoknak kellene a jövőben megvalósulnia ahhoz, hogy bizonyos népesedési változások bekövetkezzenek (pl. népességszám megtartása).

A modellkomponensek (születések, halálozások, vándorlások) minden elem esetében külön-külön meghatározott hipotézisei és az ezek alapján lefuttatott szimulációk egy-egy előreszámítási modell esetében egy összetett rendszert alkotnak, amelyet szükséges leszűkíteni azokra a forgatókönyvekre, amelyek a prognózis tényleges végeredményét adják. A népesség-előreszámítások esetében általában három feltevést szoktak megadni. A közepes, vagy alapváltozat azokat a hipotéziseket tartalmazza, amelyek a népesség jövőbeli változása szempontjából legvalószínűbb folyamatok bekövetkezését prognosztizálják (Földházi E. 2012). Emellett rendszerint meghatározásra kerül egy alacsony és egy magas változat is, amelyek az alapváltozatnál kedvezőbb vagy kedvezőtlenebb scenáriók lefutásával számolnak. Ezek az adott előreszámítási időszakban a népességváltozás határait jelölik ki.

Hazai példák a népesség-előreszámításra

Magyarországon az 1950-es évek óta végeznek kohorsz-komponens módszerrel népesség-előreszámításokat (Acsádi Gy. – Pallós E. 1958). A hazai népességi prognózisok a kezdetektől fogva a Központi Statisztikai Hivatal gondozásában készültek, 1963-tól a KSH-n belül ekkor megalakult Népességtudományi Kutatóintézet (korábban –Csoport) tevékenységéhez köthetők (www.demografia.hu). Az NKI népesség-előreszámítási modelljei, illetve az ENSz, Eurostat és egyéb nemzetközi szervezetek Magyarországra vonatkozó projekciói mellett más hazai szakmai műhelyek nemigen, vagy csak kísérleti jelleggel foglalkoztak népességi prognózisok készítésével.

A hazai népesség-előreszámítási gyakorlat első kísérletei után, az 1960-as évektől kezdve rendszeresen jelentek meg újabb országos előreszámítások (Pallós E. és mtsai. 1968; Pallós E. 1973; Szabó K. 1980; Bies K. és mtsai. 1983a; Hablicsek L. és mtsai. 1987a; Hablicsek L. 1991, 1993). A legutóbbi évtizedekben a népesség-előreszámításokat a népszámlálásokat követően készítették el. Ezek ezt követően kétéves rendszerességgel frissültek/frissülnek, a népességváltozás tényezőinek újabb adataival kiegészülve. A hazai népesség-előreszámítások legújabb eredményeit a Népességtudományi Kutatóintézetben 2009-ben indított Demográfiai Portré kiadványsorozat tartalmazza (Hablicsek L. 2009; Földházi E. 2012, 2015.).

A népességszám előreszámítása mellett olyan hazai prognózisok is születtek, amelyek egyéb társadalmi jellemzők előrejelzését célozták meg. A népesség családi állapot szerinti továbbszámítása (nőtlen, házas, elvált és özvegy népességi csoportok) már a korai hazai alkalmazásokban is megjelent (Pallós E. 1969). Az 1980-as évek óta pedig több olyan kísérlet is történt, amelyek a családi állapotok jövőbeli megállapítása mellett a családok és háztartások számának előreszámítására vállalkoztak a háztartásfők számának aránymódszerrel való kivetítésével (Csernák J. – Szabó K. 1985; Szabó K. 1986; Hablicsek L. 1994a). Más alkalmazások a családok és háztartások szerkezetének, összetételének jövőbeli változását is modellezték (Csernák J. – Szabó K. 1985, 1988; Hablicsek L. 1994a).

A háztartásokra vonatkozó prognózisok mellett több kísérlet történt a jövőbeli népesség különböző társadalmi és gazdasági jellemzőinek megadására is. Ezekben a vizsgálatokban a népesség várható gazdasági aktivitásának kérdése került előtérbe (Hablicsek L. 1994b), illetve komplexebb formában a jövőben várható munkaerő kínálatra irányult az alkalmazás fókusz, amelyben az aktivitás kérdéskörén túl az iskolázottság várható átalakulásának értékelése is szerepet kapott (Hablicsek L. 2007a). Utóbbi vizsgálat eredményei a TeIR Szociális Ágazati Információs moduljába is beépültek. A Népességtudományi Kutatóintézet előreszámításai mellett a az iskolázottsági viszonyok jövőbeli

előrebecslésére az MTA Közgazdaságtudományi Intézetének munkatársai is kísérletet tettek, mikroszimulációs modellezés segítségével (Hermann Z. – Varga J. 2012).

A hazai népesség-előreszámítási modellek fókuszába több kísérlet formájában különböző társadalmi csoportok is bekerültek. Így valósult meg többek között a kárpát-medencei magyarság (Hablicsek L. 2005), illetve a magyarországi roma lakosság számának következő évtizedekre vonatkozó prognózisa is (Hablicsek L. 2007a, 2007b).

Az országos népesség-előreszámítások mellett több modell foglalkozott területi szempontú prognózisokkal is. Az első ilyen kísérlet Budapest, valamint a városok és községek településcsoportjának kiemelésével árnyalta az országos helyzetképet (Pallós E. 1966). Ezt követően pedig az előreszámítási módszerek fejlődésével – alulról építkező, területi bázisú modellek – több alkalmazás foglalkozott megyék (Bies K. és mtsai. 1983b; Hablicsek L. és mtsai. 1987b), megyeszékhelyek (Bies K. és mtsai. 1983b; Szabó K. – Langerné Rédei M. 1984), illetve agglomerációk (Szabó K. 1984) népességének prognózisával. A 2000-es években készült területi modellek régiós és kistérségi előreszámításokat is tartalmaztak (Hablicsek L. 2007a, 2007b).

A magyarországi demográfiai körülmények változásával (1981-től népességfogyás) a hazai népesség-előreszámítások fókusza is megváltozott. A prognózisok kontextusa egyre inkább a népességfejlődés fő irányai és keretei, illetve a várható demográfiai forgatókönyvek értékelése felé tolódott (Hablicsek L. és mtsai. 1985; Hablicsek L. – Monigl I. (szerk.) 1988; Hablicsek L. 1992). Ezzel olyan kérdések váltak hangsúlyossá, mint a népességcsökkenés és előregedés várható demográfiai hatásai (Hablicsek L. 1998), illetve a népességi tartalékok és a népességmegőrzés lehetőségei (Hablicsek L. 1990, 2005; Hablicsek L. – Tóth P.P. 2000).

A járási modellezés során alkalmazott módszer bemutatása

A népességszám járási szintű területi előrevetítéséhez olyan modellalkalmazás kidolgozása vagy felkutatása volt a cél, amelynek adatigénye könnyen kielégíthető, tudja kezelni a százas nagyságrendű modellezési egységek (járások) együttes szimulációját, modellezési folyamata átlátható, és igény szerint többször megismételhető a különböző hipotézisek lefuttatásához. Jelenleg is szabadon elérhető több olyan szoftveres alkalmazás, amelyek kohorsz-komponens módszer segítségével modellezik a népesség előreszámítását. Az áttekintett lehetőségek közül számos programcsomag tesztelésére sor került (Spectrum Policy Modelling System DemProj modulja; Demographic Analysis and Population Projection System – DAPPS – szoftvercsomag; Population Analysis System – PAS – Excel-alapú modellező rendszer). Azonban a fenti alkalmazások

nem tudták kielégíteni a kiválasztandó modellező rendszerrel szemben támasztott várakozásokat. Egyes esetekben a betöltendő adatok előállíthatósága vált kérdésessé, más tesztek során a modell stabil lefuttatása nem valósult meg. Azonban egyik program sem tudta kezelni a területekre lebontott prognózisok együttes szimulációját, amelynek egyenkénti lefuttatása rendkívül időigényes és nehezen ismételhető lett volna.

A választás így a Floridai Állami Egyetem demográfus professzora Timothy Chapin által fejlesztett Excel-tábla alapú alkalmazásra esett. Az ebben felállított kohorsz-komponens modell etnikai adatok alapján bontotta a modellezendő népességet csoportokra, és ezek szimultán prognózisát futtatta le. Azonban belátható, hogy a valamely szempontból társadalmi csoportokra felbontott népességtömeg analóg módon helyettesíthető meghatározott számú területegységgel is, így a módszer kiterjeszthető tucatnyi megyére vagy több mint száz járásra is (jelen esetben 175 járás + Budapest). A járási szintre való „átprogramozás” után egy olyan modellalkalmazás jött létre, amely csupán a bemeneti adatok és az ezekre vonatkozó hipotézisek megváltoztatásával képes gyorsan újraszámolni a magyarországi járások szintjén szimultán elvégzett népesség-előreszámításokat.

Ugyanakkor a modell adatigénye is könnyen kielégíthető nyilvános statisztikai forrásokból származó információkkal is. Az alkalmazásba belépő adatok és a modell felépítésének általános jellemzője, hogy ötéves korcsoportos bontásban, a női és férfi népességet külön számítva kerülnek számbavételre, és a lefuttatott prognózisok is külön kezelik ezeket a népességi csoportokat (kohorszokat). Ebből adódik, hogy mind a bemeneti adatok ötéves periódusokban kerülnek a modellbe, mind pedig az előreszámítások futtatásai is ötéves ciklusokat követnek. Az alkalmazás egy-egy ciklusban ezen ötéves korcsoportok életútját szimulálja, és számolja ki, hogy az ide tartozó népesség milyen arányban kerül be a következő ötéves korcsoportba. A népesség-előreszámítási modell esetében ez, a 2011-es népszámlálás szerinti alapállapotból kiindulva, 2051-ig a népesség számának öt-tíz évenkénti továbbvezetését tette lehetővé.

Az Excel-alapú járási kohorsz-komponens alkalmazás három fajta bemeneti adatra épül. *Nemek* és ötéves *korcsoportok* szerinti bontásban épült be a modellbe a járási *népességszám* az előreszámítás kiindulási évére (2011) és egy megelőző kétperiódusos referencia időszak kezdőéveire (2001, 2006) vonatkozóan. A születési információk *korspecifikus termékenységi ráták* formájában léptek a modellbe. Ez a mutatószám a szülőképes korú (10–49 éves) nőkre jutó születési arányszámokat adja meg ezer főre vonatkozóan. A referencia időszakra és a kiindulási évre megadott információk mellett a jövőre vonatkozó termékenységi hipotézisek az EUROPOP 2013 (az Eurostat rendszeres népességprognózisa) forgatókönyveihez igazodva – vagy ezekből levezetve –

kerültek megállapításra. Az ország egészére vonatkozó jövőbeli adatokat a területi modellezés kivitelezése érdekében a jelenlegi járási eloszlások szerint arányosítottuk. Feltételezve, hogy az országot jellemző termékenységi területi különbségek a jövőben is hasonlóak maradnak.

Az egyes előrevetített ötéves időszakokat megelőző népesség számát és korcsoportos megoszlásának jellemzőit a modellbe táplált *túlélési ráták* határozzák meg. A túlélési ráták a kohorsz-komponens modellen kívül számolhatók ki, a mutatószám más indikátorokkal és arányszámokkal együtt (pl. adott korban várható élettartam, megélt korévek adott korcsoportban, halálozási ráta stb.) a halandósági táblák részét képezik. A járásokra vonatkozó korcsoportos halálozási információk alapján kialakultak a halandósági táblák a modellszámítás kiindulási évére és a referencia időszakra, míg a jövőre vonatkozó halálozási hipotéziseket szintén az EUROPOP 2013 ide vonatkozó adataiból (halálozási ráták) származtattuk és arányosítottuk járási szintre. Ezt követően a megfigyelési adatok alapján és a jövőbeli feltételezésekől számolható túlélési ráták adatsorai bemeneti adatként szolgálták a népesség-előreszámítási modellt.

Az Excel-alapú modellben a népességváltozás vándorlási tényezője nem bemeneti adatként szerepel, hanem maga az alkalmazás számolja ki. Ennek alapja egy külön szimuláció, amely a referencia időszakokra érvényes (a jelenlegi modellben 2001–2006, illetve 2006–2011) tényadatos népességi információkat veti össze az ugyanezen időszakra vonatkozó termékenységi és túlélési ráták alapján számolt népességszám-továbbvezetés értékével. A megfigyelési és szimulációs adatok különbségeként adódó népességtöbbletet vagy -hiányt a modell vándorlási egyenlegként kezeli, és a két referenciaperiódus átlagos (el/oda) vándorlási rátáját viszi tovább a népességprognózisban. A migrációs adatok is kor és nem szerinti bontásban adóttak az alkalmazáson keresztül, és az érintett Excel-munkalapok átprogramozása lehetőséget teremt a jövőre vonatkozó vándorlási hipotézisek időbeli differenciálására is a modellben kiszámolt állandó érték helyett.

A népességi, termékenységi, túlélési és vándorlási adatok és hipotézisek alapján a modell járási szinten, nemek szerinti bontásban, tizennyolc korcsoportban végez szimulációkat ötéves ciklusok szerinti bontásban. Minden futtatási ciklus külön munkalapon kap helyet, a betáplált adatok és elvégzendő számítások kezelését a munkafüzeten belüli kereszthivatkozások rendszere szolgálja. A modell minden szimulációs ciklus elején a kiindulási népességhez rendeli az előreszámítási periódusra vonatkozó túlélési rátákat. Ebből kerül megállapításra az ötéves időszakot hipotetikusan túlélő népesség, a termékenységi információk alapján pedig az újonnan belépő népességi kohorszok (0–4 évesek) létszáma is megállapítható. Ezt a feltételezett túlélő népességet minden szimulációs egység

esetében a vándorlási egyenleg módosítja (csökkenti vagy növeli), és ennek segítségével számolja ki a program a következő ciklus elejére prognosztizált népességszámot adott járásban, korcsoportban, nem szerint. A következő előreszámítási periódus kiindulási népességadatát már ez utóbbi érték fogja jelenteni. Ehhez a jövőbeni termékenységre, túlélési valószínűségekre és vándorlásra vonatkozó hipotézisekből származtatott arányszámok időben következő adatsorát kell hozzárendelni. Ezután a szimuláció a feltételezett tendenciáknak megfelelő népességváltozási tényezőkkel – az előbbihez hasonló módon – fut tovább egészen az előreszámítási időszak végéig (jelen esetben 2051).

Az előreszámítások eredményeit külön munkalapon összesít a program. Az eredményösszesítő lap kimutatásait alapul véve a különféle jövőbeli népesedési hipotézisek modellre gyakorolt hatása egyszerűen tesztelhető, hiszen csak a bemeneti adatokat szükséges megváltoztatni, hogy új szimuláció fusson le az alkalmazásban. Ez a tesztelési folyamat szükséges eleme is a kohorsz-komponens módszer alapú népesség-előreszámítási folyamatnak, hiszen hozzájárul ahhoz, hogy a népességváltozási tényezőkre vonatkozó különböző feltételezések alapján készült scenáriók kombinációjából megalapozott előreszámítási változatokat lehessen készíteni (alacsony, közepes és magas változatok).

Az országos status quo morbiditás és mortalitás szimuláció bemutatása

A területi demográfiai előrejelzés mellett becsléseket készítettünk országos szinten is, amit kiegészítettünk a lakosság hőhullám érzékeny mortalitás és morbiditás jellemzőinek 2050-ig futó projekciójával is. Ezekhez a feladatokhoz az *isee system* által fejlesztett *Stella Professional* (Stella Professional v.1.0.1 for Windows 64 Bit) nevű programot használtuk.

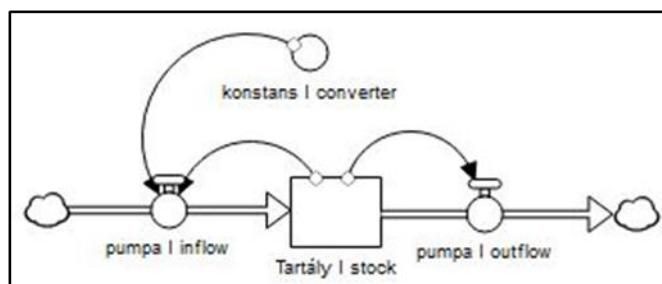
A Stella Professional bemutatása

A *Stella Professional* egy olyan interaktív eszköz, mely jelentősen leegyszerűsíti komplex rendszerek modellezést és szimulációját. A program nagy előnye, hogy a modelleket egy könnyen kezelhető ikon alapú grafikus felületen lehet megtervezni, adatokkal feltölteni, majd matematikai összefüggésekkel kapcsolatot teremteni a modell egyes elemei között. Az elkészült modellek paraméterei, kapcsolódásai és függvényei tetszés szerint változtathatóak, hogy a lehető legtöbb scenárió szimulálásával végül a célnak megfelelő eredményt kapjuk. A program lehetővé teszi a legkülönbözőbb komplex rendszerek modellezését, legyen szó akár teljes ökoszisztémák populáció és erőforrás dinamikáinak vizsgálatáról, biológiai vagy kémiai folyamatok szimulációról, vagy társadalmi és gazdasági mechanizmusok szimulálásáról.

A szoftver használatát az egyszerű kezelhetősége mellett elsősorban az indokolta, hogy számos olyan alkalmazását ismertük korábbról, melyekben népesség változás előreszámítás is részét képezte a modellezési feladatnak. Talán a legismertebb ezek közül a Növekedés korlátai 30 évvel később (Meadows, D. et al. 2005) című munka, mely a harminc évvel korábban megjelent könyv (Meadows, D.H. et al. 1972) fejlődés scenárióinak újraszámolt és frissített verzióit tartalmazza. A World3-nak keresztelt modellben a szerzők 11 változó bevonásával 11 lehetséges forgatókönyvet állítottak elő, hangsúlyozva a gazdasági növekedés a társadalmi jólét és bolygónk erőforrásainak végeessége közötti összefüggéseket. Értelemszerűen a 11 változó egyike a népesség változás volt. A szerzők által elkészített demográfia modell példaként szolgált számos más kutatásban is (An, L. et al. 2001; Walters, S. 2001; Constanza, R. – Voionov, A. 2001; Gamito, S. 2010).

A „stella modellezés” négy alapvető elemből épül fel (1. ábra). Első a *tartály* (stock), melybe megadhatjuk adott változó kezdeti mennyiségét. Második a *pumpa* (flow), mely a tartállyal összekötve oda vagy bevezet, vagy kivezet onnan mennyiséget. A pompa működéséhez egy matematikai összefüggésre van szükség. Egy alapmodell felépítéséhez szükségünk van még ún. *konstansokat* (converter) is, melyek tartalmazhatnak állandó és változó értékeket is. A modell elemeit információs nyilak kapcsolják össze aszerint, hogy a matematikai összefüggésekhez mely elemekre van szükségünk.

1. ábra Stella modellezés alap elemei és kapcsolódásai



Forrás: saját szerkesztés

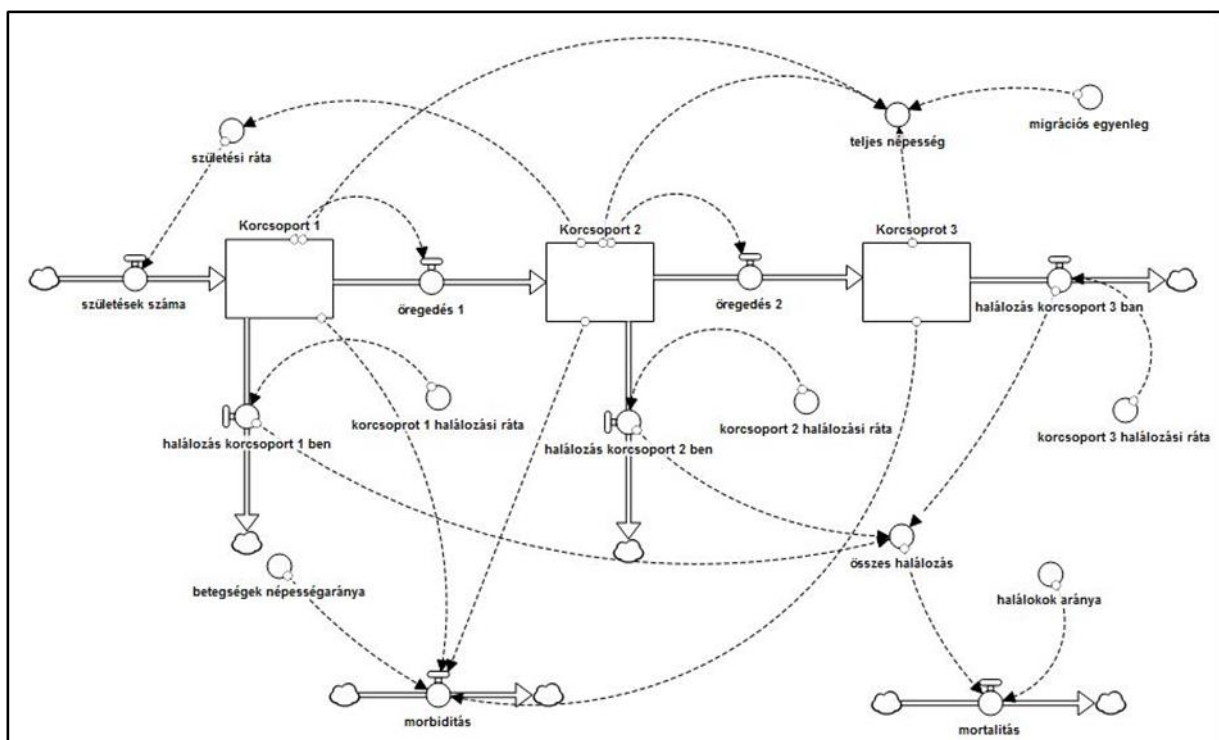
Országos szintű kohorsz-komponens demográfiai modell Stella Professional szoftver használatával

A Stella szoftver a projektben a népesség előreszámítás elkészítésében került alkalmazásra. Az elkészült Stella modell tartalmazza a kohorsz-komponens módszer működésének megfelelően, vagyis nemekre bontott ötéves korcsoportok változásának szimulációját országos szinten 2050-es évig. A modell része még az országos mortalitás és morbiditás jellemzők ún. status quo

szimulációja, vagyis bizonyos halálokok és betegségek népességarányának megbecslése, azzal a feltételezéssel, hogy a jelenben érvényes előfordulási arányok a jövőben változatlanok maradnak. Ezen kívül a modell tartalmazza még a területi szinten is előállított demográfiai mutatók közül a nemekre bontott teljes népesség számot, a 0–14 évesek arányát, a 15–64 évesek arányát, a 65 éven felüliek arányát, az öregedési indexet és az eltartottsági rátát.

Az országos szintű demográfiai modell felépítését a 2. ábra szemlélteti. A népességet nemek szerint ötéves korcsoportokra bontottuk, majd ezeket láncba fűzve építettük fel grafikusan a népesség korszerkezetét. Fontos megjegyezni, hogy a modellhez szükséges bemeneti adatokat a területi modellezés eredményeiből, azokat országos szintre aggregálva kaptuk meg. Ez elsősorban a korcsoport specifikus születési ráták, a korcsoport specifikus halálozási ráták és a migrációs egyenleg 2050-ig futtatott trendjeinek aggregálást és átvételét jelentette. A kiinduló korcsoport-specifikus népességi számokhoz a területi modellezéshez hasonlóan a KSH Tájékoztatási Adatbázison keresztül fértünk hozzá.

2. ábra Az országos szintű kohorsz-komponens demográfiai modell konceptuális térképe

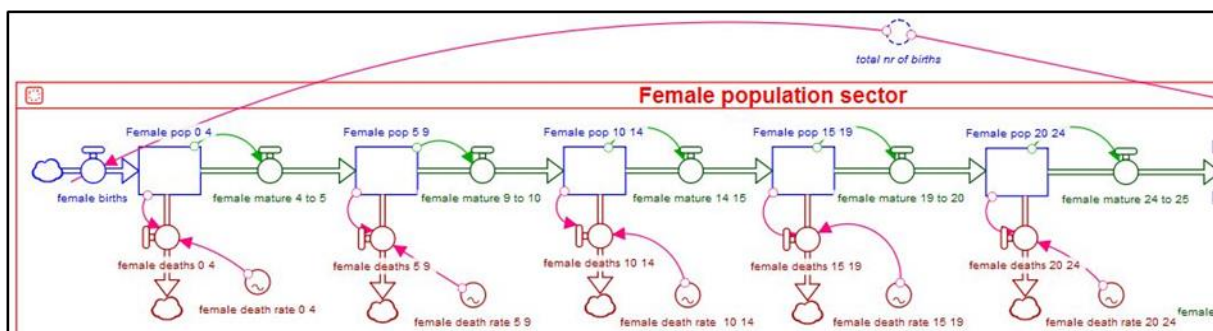


Forrás: saját szerkesztés

A kétszer tizennyolc korcsoport összefűzésével megkaptuk a férfi és női népesség alap korszerkezetét, ezeket *Férfi népesség* és *Női népesség* szektorokba rendeztük. A láncok bemeneti oldalát a születések száma adja, melyet a szülőképes nők korcsoportjaihoz (10–49 éves) kötött korcsoport-specifikus születési ráták határozzák meg. Ezek a változók konstansként kerültek a modellbe, de fontos megjegyezni, hogy értékük trendszerűen változik, az alap becslés számításai szerint. Az évenkénti összes születés szám felét a férfi, felét a női korcsoport láncának bemenetéhez vezettük, így biztosítva, hogy a láncban folyamatos legyen az újszülöttek megjelenése (3. ábra).

A korcsoport-lánc fontos részét képezi az öregedés funkció, hiszen ez biztosítja, hogy az újszülöttek korcsoportról-korcsoportra végigvándoroljanak a láncon. Ennek biztosítására a korcsoportok között olyan kapcsolatot hoztunk létre, amely minden évben az adott korcsoport ötödét engedi át a következő korcsoportba. Ez a mechanizmus azon a feltételezésen alapszik, miszerint az ötéves korcsoportok egyenlő arányban tartalmaznak embereket mind az öt életkorból, vagyis arányosan a korcsoport ötöde „öregszik ki” minden évben. Ez a mechanizmus szimulálja tehát a kohorsz-komponensben használt túlélési ráta alkalmazását.

3. ábra Részlet a Női korcsoport-lánchról



Forrás: saját szerkesztés

A halálozásokat illetően szintén volt lehetőségünk korcsoport specifikus adatokkal dolgozni. A modellben ehhez az ún. *lecsapolás sablont* (drainage template) alkalmaztuk (Richmond, B. 2013, 64.). Ennek lényege, hogy a korcsoportokból nem csak az öregedés miatt van „kifolyás”, hanem az elhalálozások miatt is. A korcsoport specifikus halálozási rátákat az Eurostat népesség-előreszámításából (EUROPOP 2013) emeltük át a modellbe és a születési rátákhoz hasonlóan konstansként kerültek beépítésre, habár értékük ebben az esetben is trendszerűen változó. Ennek megfelelően minden korcsoport egyéni halálozási trend szerint veszít a népességéből minden évben.

Fontos megjegyezni, hogy a migrációs egyenleg a modellben csak abszolút számokkal jelenik meg. Ez azt jelenti, hogy sem nemre, sem korcsoportra nincsen szétbontva a vándorlási egyenleg, hanem abszolút számként, a teljes lakosság számához kerül hozzáadásra minden évben. A modell alapszerkezetét ez nem befolyásolja, hiszen nem módosítja a korcsoportos arányokat, születési és halálozási trendeket, csak a teljes népesség számot pontosítja.

A modell alapszerkezetének felépítése és a kapcsolódási pontok bekalibrálása után létrejött rendszerbe tehát kétszer tizenhét *korcsoport tartály* (stock), illetve kétszer tizenhét *születési*, kétszer tizenhét *öregedési* és kétszer tizenhét *halálozás pumpa* (flow), illetve nyolc születési ráta, kétszer tizenhét halálozási ráta és egy *migrációs konstans* (converter) került beépítésre. Ahhoz, hogy a modell elemeit összesíteni tudjuk, szem előtt tartva, hogy a szerkezet követhető és érthető maradjon, a program *szellem* (ghost) funkcióját használtuk. Ezzel adott modell elemet anélkül tudjuk duplikálni és máshol is elhelyezni, hogy a modellben betöltött szerepén változtatnánk. Ennek segítségével létrehoztunk a „Korcsoportok”, a „Teljes népesség”, az „Összes születés” és az „Összes halálozás” szektorokat. Azon túl, hogy ezek az aggregált változók (pl. 0 és 14 évesek száma vagy férfiak halálozási száma) szükségesek a modell részeredményeinek interpretálásához, elengedhetetlenek voltak később a demográfiai mutatók kiszámításához, illetve a mortalitás és morbiditás becslések elkészítéséhez is.

Status quo morbiditás és mortalitás jövőkép

A modell harmadik részének a célja morbiditási és mortalitási jellemzők előreszámítása. Ennek a feladatnak a jelentőségét a klímaváltozás és az emberi egészség közötti kapcsolat adja. Ahogy fentebb már kifejtettük, a demográfiai modellezésbe nem integráltunk klíma specifikus adatokat, vagyis becsléseinkre nem voltak hatással az ország klíma adottságainak várható változásai. Ugyanakkor fontosnak tartottuk, hogy az emberi egészség szempontjából Magyarországon a legrelevánsabbnak tartott hőhullámokkal és az általunk megbecsült népesség változással összefüggésben készítsünk morbiditási és mortalitási jövőképet.

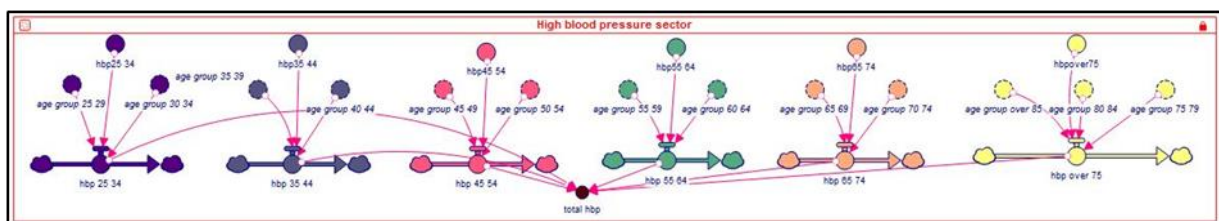
Ennek érdekében a modellt két további szektorral egészítettük ki. A morbiditás és mortalitás szektorban úgy egészítettük ki a modellt, hogy az alapmodell mechanizmusaira építve tudjunk becslést készíteni a népesség morbiditási és mortalitás jellemzőiről, kiemelve azokat, melyek összefüggésbe hozhatóak a hőhullámokkal (2. ábra). A morbiditás esetében öt betegség főcsoportot hoztunk létre: magas vérnyomás, szív és érrendszeri betegségek¹, légzőszervi

¹ A szív és érrendszeri betegségek a következő betegségekből tevődtek össze: Átmeneti agyi ischaemiás attackok, rokon syndromák és agyi érsyndromák cerebrovascularis

betegségek², cukorbetegség és veseelégtelenség. Az öt betegség főcsoporthoz tartozó korcsoport specifikus statisztikákat a KSH Tájékoztatási Adatbázisán keresztül volt hozzáférésünk. A halálozás kapcsán haláloki statisztikákkal dolgoztunk. Itt kiemeltünk négy olyan halál-okot, melyeket olyan betegségek idéznek elő, amelyek az extrém hőhullámokra különösen érzékennyé teszik a betegeket. A négy halál-ok a következő volt: hevenyszívizom leállás, egyéb ischaemiás szívbetegség, agyér betegség és hörghurut, tüdőtágulat vagy asztma. A halál-oki statisztikákat a KSH vonatkozó STADAT tábláiból töltöttük le.

Mind a két esetben ún. *status quo* modellt készítettünk, vagyis a betegségek népességarányát, illetve a halál-okok előfordulását konstansként kezeltük. Ezzel egy olyan scenáriót tudtunk szimulálni, melyben azt feltételeztük, hogy a jelenlegi betegség és halálozási arányok a jövőben nem fognak meg változni. Tehát például az egészségügy teljesítőképessége, a gyógyászat határfoka vagy az emberek életvitele változatlan marad 2050-ig. A status quo konstansoknak 2009, 2011 és 2013 vonatkozó adatainak mozgóátlagait használtuk. A morbiditás esetében a rendelkezésre álló bemeneti adatok lehetővé tették, hogy korcsoport specifikus átlagokkal dolgozzunk, vagyis a modell külön kezelte a 25–34, a 35–44, a 45–54, az 55–64, a 65–74 és a 75 évesnél idősebbekre vonatkozó morbiditási jellemzőket (4. ábra). A morbiditás status quo konstansoknak 100000 főre átszámolt értékeket adtuk meg. A mortalitás esetében a rendelkezésre álló bemeneti adatok csak nemekre bontva adtak információt az egyes halál-okok gyakoriságáról, ezért itt a modell külön számolta a férfiakra és nőkre vonatkozó halál-okok előfordulási gyakoriságát. Itt a status quo konstansoknak 10000 halál-ra átszámolt értékeket adtuk meg.

4. ábra Részlet a status quo morbiditás modellről



Forrás: saját szerkesztés

A modell dinamikáját mindkét esetben az alapmodell mechanizmusai adják. A morbiditási jellemzők becslésénél a korcsoportok népességszám változása

betegségek; idült rheumás szívbetegségek; ischaemiás szívbetegségek; cerebrovasculáris betegségek és szívbetegségek egyéb fajtái.

² A légzőszervi betegségek főcsoport a következő betegségekből tevődött össze: idült alsó légúti betegségek és asthma.

dinamizálta a szimulációkat, míg a mortalitási jellemzők esetében a nemekre bontott teljes halálozási szám változása. Tehát amennyiben a jelenre vonatkozó morbiditási és mortalitási adatokat a jövőben változatlanoknak tekintjük, akkor a modell számításai alapján meg tudjuk mondani, hányan fognak adott betegségben szenvedni, illetve hányan fognak adott betegséggel összefüggésben meghalni 2050-ben.

A járási deprivációs modell elméleti-módszertani megfontolásai

A klímaváltozás lehetséges társadalmi hatásainak feltárása csupán az utóbbi években indult meg, nem lehet még széles körben elfogadott álláspontokról beszámolni, jelenleg inkább még csak a probléma felismeréséről (Lever-Tracy, C. 2010), illetve az elméleti keretek meghatározásáról (Hallegatte, S. et al. 2014) adhatunk számot. Hallegatte és munkatársai által kidolgozott elméleti keret (Hallegatte, S. et al. 2014) négy fő csatornát:

- árak és fogyasztás;
- tőke;
- termelés;
- lehetőségek

különböztet meg, amelyen keresztül a klímaváltozás hatással lehet a társadalom tagjaira, így a szegénységben élőkre is.

Árak és fogyasztás

A klímaváltozás, illetve az ezzel összefüggésbe hozható extrém időjárási események a gazdasági folyamatokra összességében költségnövelő tényezőként hatnak. A klímaváltozás által kikényszerített alkalmazkodás önmagában növeli a termelési költségeket: pótlólagos beruházási kényszer, termelési kockázat növekedése, biztosítási felár révén (Mills, E. 2009), negatívan hatva ezzel a jövedelmi szegények pozíciójára. A mezőgazdaság esetében ugyanakkor a termelés csökkenése valószínűsíthető (Deryng, D. et al. 2011), ami pedig az élelmiszerárak emelkedéséhez vezet (Nelson, G.C. et al. 2009). Ez egyrészt nagylétszámú társadalmi csoportokat szorít a szegénységi küszöb alá, illetve növeli az extrém szegénység által sújtottak számát. Az energiaárak valószínűsíthető emelkedése (CO² semleges energiaelőállítás jelenlegi magasabb árából kiindulva) az energiaszegénység fokozódásához vezet, ahol új elemként nem fűtési, hanem egyre inkább a hűtési szükséglet kielégítetlensége jelent majd problémát.

Tőke

A klímaváltozás és az azzal együtt járó extrém időjárási események azzal fenyegetnek, hogy a tőkével³ legkevésbé ellátott társadalmi csoport, a strukturális szegénység által sújtottak helyzete tovább romlik. Ők azok akik a legkevésbé képesek a klímaváltozás miatt szükségessé váló alkalmazkodásra, így meglévő eszközeik (pl. lakás, földtulajdon) is leértékelődnek. Ez a leértékelődés azt is jelenti, hogy a szegények nem csupán még szegényebbek lesznek, hanem új csoportok kerülhetnek a szegénységi küszöb alá. Az extrém időjárási jelenségek (árvizek, szél- és viharok...) gyakoribb válása további erőteljes fenyegetést is jelent a tőkeszegény társadalmi rétegek számára, hiszen félő, hogy egy természeti csapásban elveszítik javaikat, s pótlásukra önerőből képtelenek lesznek, így szegény státuszuk tartóssá válik. A fizikai megtestesült tőke mellett fontos elem a humán tőke veszélyeztetettsége, hiszen az egészségi állapot, időszakos, vagy krónikus leromlása s a munkaképesség ezzel járó elvesztése az egyik legfontosabb szegénységi tényező. A klímaváltozás révén új (trópusi) betegségek terjedhetnek el, amelyek ellen a társadalom egyes csoportjai nem azonos mértékben lesznek képesek védekezni.

Termelés, termelékenység

A klímaváltozás hatására várhatóan csökken a mezőgazdasági termés mennyisége (a kiesés globálisan 17%-ra becsülhető 2050-ben – Nelson G.C. et al. 2013), ami a képzetlen munkaerő kínálatának rugalmatlansága miatt várhatóan bérek csökkenése irányába hat. A hosszútávú tendencia mellett fontos rámutatni a szezonális hatásokra is, egy-egy extrém időjárási esemény komoly kihatással lehet a mezőgazdaság (pl. aszály), illetve a turizmus (hőhullámok) munkaerőkeresletére, ami az érintett ágazatokban foglalkoztatottak jövedelmi helyzetét fogja rontani. Különösen kedvezőtlen helyzetbe kerülhetnek a legkiszolgáltatottabbak, a szezonális foglalkoztatottak.

A gazdaság többi szektorában a klímaváltozás hatása nem becsülhető, jelenleg a legközvetlenebb általános kapcsolatot a hőmérséklet emelkedésével együtt járó termelékenység csökkenése jelenti, azaz a munkahelyi hőmérséklet emelkedésével csökken a munkások teljesítménye (Kjellstrom, T. et al. 2014). Klimatizálással ez a hatás kiküszöbölhető, ugyanakkor ennek korlátot szab az energiaárak valószínűsíthető emelkedése, amely összességében várhatóan a jövedelmek csökkenése irányába mutat.

Lehetőségek

A klímaváltozás nem csupán fenyegetést és növekvő kockázatot, hanem várhatóan új lehetőségeket is teremt a szegénység leküzdésére. A hagyományos

³ Tőkét itt széles értelemben használva, azaz ide értve mind a fizikai, pénzügyi, társadalmi, kulturális, humántőkét.

utak, mint a rurális térségekből történő városba áramlás, a foglalkozásváltás (mezőgazdaság-ipar-szolgáltatás) továbbra is fennállnak, sőt újabban új dimenzió nyílt a nemzetközi migráció élénkülésével, így továbbra is van mód a szegénységi helyzetből való kitörésre. Nagyon fontos rámutatni, hogy a környezeti kockázatok kezelése, mérséklése komoly fejlesztéseket tesz majd szükségessé, ami új, nagytömegű munkahelyet teremt (viharálló épületek, kritikus infrastruktúrák elemek megerősítése,...) a képzetlen munkavállalók számára.

Összességében tehát ezek azok a csatornák, amelyeken keresztül a társadalom tagjaihoz elérnek a klímaváltozás hatásai. Az, hogy az egyes egyének, társadalmi csoportok számára a klímaváltozás tényleges hatása mi lesz, ma még megítélhetetlen, hiszen az érintett társadalmak nem eszköztelenül várják a környezeti feltételek megváltozását, az adaptációs és mitigációs politikák megvalósítása érdemben befolyásolhatja a jövőbeli folyamatokat.

A szegénység területi aspektusa

Hallegatte és munkatársai által kidolgozott elméleti megközelítés segít a lehetséges hatások rendszerezett számbavételében, ugyanakkor nem alkalmas (s nem is célja) projekciók, előrebecslések segítése. Amennyiben tehát a szegénység jövőbeli területiségéről szeretnénk képet alkotni, az alapvető gazdasági és demográfiai folyamatokra kell építenünk, amelyek a jövőbeli szociális helyzet fundamentumát jelentik.

A szegénység várható térbeli alakulásának projekciójakor először is rögzíteni szükséges, hogy milyen szegénység felfogást alkalmazunk. A szegénység szociológiai vizsgálata során négy fő megközelítési módról beszélhetünk (Higgs, G. – White, S. 2000, 8-9.), így:

- az egydimenziós, jövedelmi szegénység felfogásról (poverty);
- a több dimenzióban értelmezett hátrányról (depriváció);
- a több dimenzióban időbeli folyamatként megélt társadalmi kirekesztésről (exclusion);
- a kérdést egyenlőtlenségként megragadó irányzatról.

A fenti négy szegénység meghatározásból a több dimenzióban értelmezett hátrány (depriváció) tekinthető a jövőbeli folyamatok előrejelzésekor a leginkább alkalmazhatónak, hiszen olyan tényezők jövőbeli alakulására kell figyelemmel lenni, mint a korszerkezet alakulása, vagy éppen a foglalkoztatási helyzet, s ha kényszerűen is, de el lehet tekinteni olyan fontos tényezőktől, mint az oktatáspolitikai, a társadalombiztosítás, az adópolitika jövőbeli alakulása. A deprivációs megközelítés ugyanis (Townsend, P. 1979) abból indul ki, hogy ha valamely területi, társadalmi csoport számára nem állnak rendelkezésre a szükséges erőforrások és feltételek, akkor a csoport tagjai nem lesznek képesek

a társadalmilag elvárt életmódot folytatni, nem lesznek képesek bekapcsolódni a különböző társadalmi tevékenységekbe (oktatás, munkavállalás) és hosszabb távon kirekesztődnek, elszigetelődnek. Az elvárt életmód folytatásához szükséges erőforrások és feltételek nem szükségszerűen kötődnek konkrét küszöbértékekhez: jövedelmi szinthez, lakhatási körülményekhez, iskolázottsághoz, így tehát az adott társadalmi közegben átlagosnak minősíthetőtől kedvezőtlen irányú eltérés hátrányt jelent, s minél több dimenzióban, s minél inkább eltér az átlagostól, annál inkább tekinthető az adott területi vagy társadalmi csoport depriváltként. Ez a relatív megközelítés teszi lehetővé, hogy a szegénység deprivációs értelmezését kövessük, amikor a jövőbeli folyamatokról kívánunk projekciót készíteni.

A deprivációs megközelítés esetén számba kell venni, hogy mely dimenziókban kívánjuk megragadni a relatív hátrányt. E ponton a szegénység meghatározó tényezőit kell figyelembe vennünk, amelyek Magyarországon (Gábos A. – Szivós P., 2010) az alábbiak szerint alakulnak:

- a munkaintenzitás (jövedelemszerző munkavégzésben részt vevők aránya);
- demográfiai jellemzők;
- lakóhely jellemzői (határozott települési lejtő, erőteljes területi meghatározottság);
- egyéni jellemzők (iskolázottság, családösszetétel).

A fentiek közül három tényezővel számolhatunk a projekció készítésekor: a demográfiai jellemzőkkel (kormegoszlás), a földrajzi elhelyezkedéssel, illetőleg a munkaintenzitással (aktív korúak foglalkoztatási jellemzői), ugyanakkor olyan fontos egyéni jellemzőkkel, mint a családösszetétel, vagy az iskolai végzettség alakulása, adatok és projekciók hiányában nem tudunk számolni. Ezen hiányosságok ellensúlyozása érdekében proxyváltozóként a modellben felhasználjuk a 2011-es jövedelmi adatokat, amely komplex mutatóként számos, önmagában nehezen megfigyelhető tényezőre reflektál, mint az iskolai végzettség, vagy éppen a foglalkoztatás jellemzői, (Major K. – Nemes Nagy, J. 1999).

A projekció készítésekor a fentiek figyelembevételével három adatforrásra támaszkodhatunk. Egyrészt a demográfiai előreszámítási modellből 2011. évre tényadat, 2031-re és 2051-re pedig projekció áll rendelkezésünkre a három alapvető korcsoport (0–14, 15–64, 65–x) járási szintű létszámáról. Másik alapvető adatforrást a gazdasági modul eredményei jelentik, amelyek a foglalkoztatottak számának országos és megyei előrejelzését is tartalmazzák. Ezen adatokat még járási szintre szükséges dezaggregálni. Ezt a 2011-es foglalkoztatási ráta alakulása alapján tettük meg, feltételezve, hogy a foglalkoztatási rátában megfigyelhető eltérés nem véletlenszerű, hanem a helyi

gazdaság és munkaerőpiac sajátosságaihoz igazodik, amely időben stabil struktúrát jelent. Azaz feltételeztük, hogy ahol magas volt a foglalkoztatási ráta 2011-ben, ott 2031-ben és 2051-ben is magas lesz az aktív korúak foglalkoztatási aránya. A harmadik adatforrást a 2011-es személyi jövedelem adatok (egy adózóra jutó jövedelem) jelentik, amely statikus elemként a nem megfigyelhető területi, ágazati, iskolázottsági dimenziók megragadását célozzák.

E változók felhasználása révén három időpontra (2011, 2031, 2051) is meghatározásra kerülnek a járási szintű deprivációs indexek. Az indexek két komponensből állnak:

- egyrészt megjelenik benne a múlt, a történelmi adottságok (iskolázottság, munkaerőpiaci jellemzők,...), amelyet a 2011-es jövedelmi szint, mint komplex mutató jelenít meg;
- másrészt pedig a jövő: a szegénység viszonyait meghatározó gazdasági függőségi ráta (Augusztinovics M. 2005), amely azt mutatja meg, hogy egy foglalkoztatottra hány eltartandó (fiatalkorú, nem foglalkoztatott aktív korú, illetve idős) jut.

E két komponensből a szűk keresztmetszetekért történő büntetés módszerével került meghatározásra a kívánt összetett deprivációs index (Acs, Z. et al. 2012). A módszert az angol Penalty for bottleneck alapján PBF-ként rövidítik, s alapgondolata, hogy egy összetett index esetében az egyes területek hatnak egymásra, s a gyengén teljesítő területek (szűk keresztmetszetek) negatív irányú hatást gyakorolnak a többi területre és így az index értékére is.

A módszer alkalmazását az indokolja, hogy a két deprivációs komponensnek – azaz a jövedelemnek és gazdasági függési rátának – együttesen kell magas értéket felvennie, ellenkező esetben kedvezőtlen deprivációs viszonyok valószínűsíthetőek. Hiszen deprivációs szempontból az a kedvező, ha az adott járásban élő adózókat magas jövedelmi szint jellemez és a gazdasági függőségi ráta értéke alacsony, azaz egy foglalkoztatottra kevés „eltartandó” jut. Eltartandónak tekintve mind a nem aktív korúakat (azaz a 0-14 és a 65-x éves korcsoportba tartozókat), mind pedig az aktív korú, de nem foglalkoztatottakat (Augusztinovics, M. 2005). Ha kevés foglalkoztatott magas jövedelemre tesz szert, de mellette nagyszámú eltartott van, akkor az adott területen komoly jövedelmi polarizáció fenyeget, így ez az eset kedvezőtlenebbnek tekinthető. A Rappai Gábor, Szerb László nevéhez kötődő módszer pontosan erre alkalmas, azaz bünteti –csökkenti– annak a változónak az értékét, amely felülmúlja a másik komponens értékét, s ez a büntetés annál nagyobb, minél nagyobb a két komponens értéke közti eltérés (Rappai G. – Szerb L. 2011).

A szűk keresztmetszetekért történő büntetés módszerét alkalmazva először min-max módszerrel normalizálni szükséges a változókat. A normalizálás:

$$(x_i - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min})$$

révén valamennyi változó értéke a 0 és 1 közé esik, ahol 0 jelenti a minimum értéket, 1 pedig a maximumot. Tekintve, hogy a módszer nem csupán a változók közti korrelációt, hanem a pozitív korrelációt követeli meg, szükséges a változók (esetünkben a gazdasági függőségi ráta) irányának megfordítása is, hogy növekvő érték jelentse a deprivációs szempontból kedvező helyzetet. A normalizált és „egy irányba” fordított változók esetében már meghatározhatóak a büntetés utáni korrigált értékek ($x'_{i,k}$), az alábbi büntető függvény segítségével:

$$x'_{i,k} = x_{\min,k} + \ln(1 + x_{i,k} - x_{\min,k})$$

ahol $x_{\min,k}$ jelenti a „k” megfigyelési egységet (jelen esetben járást) jellemző változók közül a minimális értékűt. A korrigált változóértékek átlagolásával pedig meghatározhatóak az összetett index értékei, amelyek a hazai járások deprivációs helyzetét jelzik.

GAZDASÁGI ELŐREJELZÉS

A „Magyarország hosszú távú társadalmi és gazdasági fejlődési pályájának előrejelzése” projekt egyik célkitűzése, hogy előrejelzést adjunk a legfontosabb gazdasági változók várható alakulására. A gazdasági előrejelzés célszerű módszertani kerete a makromodell. A gazdasági változók jellegére tekintettel 2050-ig bezárólag, azaz 35 éves időszakra csak nagyon jelentős bizonytalansággal lehetséges előreszámításokat végezni, ezért erre kevés példát találunk a makromodellezésben, a legtöbb modell középtávú előrejelzéseket készít. Ilyen hosszú időtávon nem tudunk csupán egyetlen lehetőséget számításba venni, hanem többféle forgatókönyv alapján is kell számolni.

Modelltípusok

Előrejelzések készítésére a szakma a makromodelleket használja, mivel ez olyan eszköz a kutatók kezében, amelyik a gazdaságban végbemenő változásoknak nemcsak a parciális, „elsőkörös” hatásait képes kimutatni, hanem a szimultán jellegénél fogva a hosszú távú visszacsatolásokat is (Századvég, 2014). A makromodellek szemléletüket tekintve többféle lehetőséget kínálnak, ezek közül mi három változatot fontolunk meg:

1. Strukturális modell építése. Ez a modell sztenderd változókkal egy egyensúlyi feltételrendszert ír le, mely magyarázza a legfontosabb gazdasági mutatók (GDP, fogyasztás, munkaerő-felhasználás) jövőbeli alakulását.
2. Ökonometriai modell. Egy relatíve rugalmasan az igényekre szabható modellezési lehetőség, amiben az előrejelzést egy tanulmányidőszak adatai alapján készíthetjük el.
3. A Meadows-féle világmodelleken (Meadows et al. 1972, Conaca – Dabelko 2015) alapuló megközelítés, ami többféle forgatókönyvre épülő, komplex, hosszú távú előrejelzés releváns gazdasági blokkokkal (energiafelhasználás, tőkefelhasználás), de a gazdasági része az igényeinkhez képest elnagyolt, a magas fokú területi dezaggregálása nehezen lenne kivitelezhető.

Választásunk az *első lehetőségre* esik, mivel a projekt által kijelölt, a gazdasági modellezésben szokatlanul hosszú távú előrejelzés igényeinek ez felel meg leginkább.

Strukturális modellek

Egy *strukturális makromodell* előnye, hogy képes megjeleníteni a gazdasági változók közötti visszacsatolásokat is, ami a változók pályájának hosszú távú

lefutásának bemutatásánál elengedhetetlen. Az általános egyensúlyi makromodellek a különböző gazdasági szektorok reprezentatív szereplőinek optimalizáló magatartását leíró egyenleteken alapulnak. A modell definiál egy egyensúlyi pályát, amiről feltételezi, hogy a gazdaság hosszú távon afelé konvergál.

Palócz és Vakhal (2014) összefoglalja a strukturális makromodellek legfontosabb előnyeit:

- elméletileg jobban megalapozottak
- hihető és konzisztens magyarázatokat adnak
- nem érvényes rájuk a Lucas-kritika
- a szimulációs gyakorlatok és a középtávú elemzések tipikus eszközei.

A Lucas-kritika (Lucas, 1976) azt az alapelvet mondja ki, hogy egy modell által leírt oksági sémának stabilnak kell maradnia akkor is, ha a mögöttes okok – nevezetesen a gazdaságpolitikai környezet – megváltoznak. Király (1998) ezt így írja le: „A Lucas-kritika valóban egyetlen mondatban összefoglalható: «Feltéve, hogy mindenökonometriai modell struktúrája a gazdasági szereplők optimális magatartási szabályait tükrözi, és ezek az optimális döntések a döntéshozók számára releváns idősorok struktúrájának megváltozásával együtt szisztematikusan megváltoznak, akkor teljesül, hogy bármely, a gazdaságpolitikában bekövetkező változás megváltoztatja az ökonometriai modellek struktúráját» (Lucas [1976]). A hagyományos (nem az idősorokban meglévő információkat kiaknázó) ökonometriai modellek tehát nagyon jól működhetnek rövid távon. Nagyon jól illeszkedhetnek a múlt adataira. De tökéletesen alkalmatlanok előrejelzésre, és még inkább alkalmatlanok gazdaságpolitikai akciók szimulálására. Minden korábbi modell, amikor a gazdaságpolitika hatását modellezte, figyelmen kívül hagyta, hogy valójában már egy másik modellel dolgozik.” (p. 1093)

Egy modell, ami nem olyan közgazdasági elméleten alapul, amely a különböző gazdasági szereplők egyéni viselkedését írja le (mikroszintű megalapozottság), nem alkalmas a gazdaságpolitikai intézkedések hatásainak vizsgálatára, akár visszatekintésről, akár előrejelzésről legyen szó (Századvég, 2014). A Lucas-kritika által kimondott feltételnek tehát leginkább a strukturális modellek felelnek meg, a makroökonometriai modellek kevésbé. Hosszabb távú előrejelzésre és a gazdaságpolitika szimulációjára ezért inkább az előbbiek az alkalmasak.

A strukturális modellek leginkább elterjedt típusa a DSGE, azaz a dinamikus, sztochasztikus általános egyensúlyi modellcsalád (Smets-Wouters, 2003; Christiano et al., 2005). Karádi (2009) szerint: „A DSGE gyűjtőnév általános elnevezése olyan modelleknek, amelyek bizonyos közös módszertani

jellemzőkkel rendelkeznek. Míg a korábbi modellek feltételeztek bizonyos alapvető statikus viselkedési egyenleteket (például, hogy az egyének hajlamosak mindenkor fizetésük egy részét fogyasztásra költeni), ezek a bonyolultabb modellek azt feltételezik, hogy a gazdasági szereplők dinamikus és előre tekintő döntéseket hoznak – vagyis például nemcsak jelenlegi, hanem várható jövőbeli jövedelmüket is figyelembe veszik, amikor a jelenlegi fogyasztásról döntenek. Ezenkívül explicit módon számításba veszik a bizonytalanságot (sztochasztikus világ) is, ami azt jelenti, hogy biztosításokat kötnek olyan eseményekre (pl. lakástűz), amelyek jelentősen csökkentenék fogyasztásukat. Az általános egyensúly kifejezés azt jelenti, hogy ezek a modellek a gazdaság egészét és nem csak az egyes szereplők viselkedését vizsgálják. Ezért azokat az árakat, béreket és kamatokat keresik, ahol a teljes gazdaság egyensúlyban van, azaz, ahol a kereslet és a kínálat minden piacon megegyezik, és senki sem akarja megváltoztatni a döntéseit.” (p. 26.)

A DSGE modellekben a sztochasztikus⁴ jelleget az adja, hogy a gazdasági ingadozásokat nem szabályszerű, determinisztikus ciklusokra vezetik vissza, hanem a fluktuációkat a gazdaság sokkokra adott válaszaikként modellezzik (Palócz-Vakhal 2014).

A DSGE modellek elméleti konzisztenciája nem ad garanciát arra, hogy az adatokra jól illeszkednek, ezért rendszerint kiegészítik ezeket egy rövid távú előrejelző rendszerrel, ami különböző ökonometriai modelleket (szatellitmodelleket) tartalmaz (Századvég, 2014).

A strukturális modellek egy másik változata a *számítható általános egyensúlyi modellcsalád*. A CGE (computable general equilibrium) modellek a gazdaság szerkezetét a DSGE modelleknél megszokotthoz képest több ágazat szerepeltetésével írják le, az Ágazati Kapcsolatok Mérlege (ÁKM) alapján. A CGE modellek kiterjedése nagy, szimultán egyenletrendszerekkel a gazdaság több (akár az összes) szektora is modellezhető (Palócz-Vakhal 2014). Hátrányuk, hogy hosszú távú előrejelzésre nem használatosak, hanem alkalmazásuk inkább a gazdaságpolitikai döntések hatásvizsgálatában terjedt el.

Járosi et al. (2009) bemutatja, hogy a CGE-modellek a walrasi általános egyensúlyelmélet empirikus alkalmazásai gazdaságpolitikai hatáselemzésekre. A modellek a hatásoknak az egyes piacokon végigfutó láncolatait figyelembe véve vezetnek le a beavatkozások várható eredményeit. Az általános egyensúlyelmélet kritériumai (a kereslet-kínálat megegyezése az output- és az inputpiacokon, az árak megfelelése az inputköltségek összegének, valamint a tényezőjövedelmek és a végső felhasználás értékének makroszintű megegyezése) feltételezése

⁴ A sztochasztikus gondolkodásmódról Rappai (2010) ad részletes, statisztikai szempontú áttekintést.

mellett a modellek szimultán számolják ki a termékek és a termelési tényezők piacain az egyensúlyi mennyiségeket és árakat. A beavatkozás hatásai a beavatkozás nélküli egyensúlyi állapotnak és a beavatkozás után kialakuló egyensúlyi állapotnak az összevetése révén számíthatók ki.

A CGE modellezés előnye (szemben például az ökonometriai modellekkel), hogy mikroökonómiai alapokra épül, vagyis a modellek az egyes szereplők viselkedéséből, a piacok bonyolult kapcsolatrendszerét figyelembe véve vezetik le a makroszintű eredményeket (Járosi et al. 2009).

Ökonometriai modellek

Egy idősoros, *ökonometriai modell* a rövidebb távú, esetleg középtávú előrejelzés igényeit tudná a legjobban kiszolgálni, mivel ebben az esetben megvalósulhatna a megfigyelt adatokhoz való legjobb empirikus illeszkedés. Hátránya viszont, hogy előrejelzésre csak változatlan gazdasági környezet feltételezése esetén alkalmas, azaz hosszú távon már nem. Palócz és Vakhal (2014) alapján összegezhetjük, hogy a makroökonometriai modellek:

- az empirikus illeszkedést helyezik előtérbe
- az adatoknak való rövid távú megfelelésre optimalizáltak
- érvényes rájuk a Lucas-kritika
- általában könnyebben kezelhetők
- a rövid távú előrejelzések tipikus eszközei.

A szakirodalomban kialakult egy konszenzus arról, hogy a szimultán strukturális, DSGE-típusú makromodellek pontossága az ökonometriai modellekhez viszonyítva javul az előrejelzési időtáv növekedésével. Az ökonometriai modellek jellemzője, hogy a paraméterek meghatározásánál nem a modellezők előfeltevéseire, hanem a becslések eredményeire hagyatkozunk, ugyanakkor nagyszámú egyenlet esetén így is szükség lehet megkötésekre. A gyakorlatban a leggyakrabban használt ökonometriai modellek közé tartoznak a *vektor autoregresszív (VAR) modellek* (Sims, 1980), illetve a strukturális VAR (SVAR) modellek. A vektor autoregresszív modellek az autoregresszív modellek vektor kiterjesztései, vagyis több változónak a késleltetéseit tartalmazzák. A VAR-modellek több idősor közötti kölcsönös összefüggéseket írják le. A modellben mindegyik változónak az alakulását a saját késleltetett értéke és a többi változó késleltetett értékei magyarázzák.

Míg a VAR modellekben a sokkoknak és a paramétereknek nincsen közgazdasági tartalmuk, az SVAR modellek előzetes megkötéseket építenek be a paraméterekre vonatkozóan. Ezek a modellek azonban elsősorban az adatok

autokovariancia-struktúráját jelenítik meg, és csak másodsorban beszélhetünk strukturális megkötésekről (Századvég, 2014).

Szektorok a modellben

A projekt elvárásaihoz akkor tudna a legjobban igazodni a gazdasági előrejelző modell, ha kiemelten kezelné a mezőgazdasági szektort, illetve az energiaszektor, és figyelembe venné a technológiai fejlődést, ami az energiahatékonyság javulását eredményezi. Kiindulópontunk szerint a klímaváltozás a gazdaságban egy technológiai fejlődési kényszert jelent. Amennyiben dinamikus modellt építünk, akkor az egyszerre csak kevés szektort tud kezelni – egy sokszektoros modellt viszont csak statikusan tudunk felépíteni.

A modell regionalizálása

A projekt célja, hogy az előrejelzéseket egy részletes területi felbontásban adja meg. A Nemzeti Alkalmazkodási Térinformatikai rendszerben a klímaadatok egy 10x10 km-es rácson állnak rendelkezésre. Kíváncsú, hogy a gazdasági adatok előrejelzése is a lehető legjobban illeszkedjen ehhez a felbontáshoz, illetve a többi modellblokk területi léptékéhez. Gazdasági adatok esetében azonban nehezen átléphető korlátokkal kell számolni, ugyanis számos gazdasági mutató nem értelmezhető és/vagy nem áll rendelkezésre a régiós vagy a megyei szintnél kisebb területi léptékben (ld. például Dusek – Kiss, 2008 munkáját).

A makromodell regionalizálására többféle lehetőség kínálkozik:

1. Az egyszerűbb megoldás az, hogy az előrejelzést egy makroszintű modell alapján készítjük el, majd a nemzetgazdasági szintű adatokat visszaosztjuk megfelelő arányszámok alapján az egyes területi egységekre. Az előrejelzés időhorizontján reálisan a leosztási arányok időbeli változásával is számolni kell. Területi egységek esetében a megyei, esetleg még az alatt a járási szint jöhet szóba.
2. A második, komolyabb módszertani eszköztárat igénybe vevő megoldás a regionális modell építése. Egy ilyen – például térbeli számítható általános egyensúlyi, SCGE – modell képes figyelembe venni az endogén hatásokat a térszerkezet változásában, ehhez viszont sokkal részletesebb, területi adatsorok gyűjtésére van szükség.

Az SCGE-modellek a krugmani új gazdaságföldrajz (Krugman, 1991) alapjaira épülnek: a növekvő hozadék, a szállítási költségek és a termelési tényezők térbeli mobilitásának interakciói révén, kumulatív módon létrejövő térszerkezet jelentőségét helyezik a modellstruktúrák középpontjába. Az SCGE-modellek a tér dimenzióját adják hozzá a CGE-modellekhez, vagyis a területi egységek száma megsokszorozódik, és a modellekbe beépülnek a pozitív és negatív agglomerációs hatások, amelyek a termelési tényezők régiók közötti migrációját befolyásolják (Járosi et al. 2009).

A projekt időkorlátja az első megoldási mód alkalmazását teszi lehetővé.

A regionális dezaggregálás módszerei

A területi dezaggregálás (hasonló kontextusban használják még a regionális dekompozíció kifejezést is, de a legalkalmasabb a térbeli leskálázás/downscaling használata) célja, hogy egy adott (esetünkben nemzeti) szinten rendelkezésre álló információt átalakítson egy részletesebb területi felbontásra (a projektben a megyei szintre).

A térbeli leskálázás módszere hasonlít a *térbeli interpolációra*, de ez utóbbi a meglévő adatainkon nem használható. A térbeli interpoláció a geostatistika egyik módszere, és a lényege az, hogy egy adott hely valamely ismérévének az értékét a szomszédos helyek értékei alapján becsüli meg. A módszerben a szomszédos helyek értékeinek a súlyozott átlaga számít, és ez az eljárás nyilván figyelembe veszi a távolságot. Minél közelebb van egy szomszéd a becsülni kívánt területi egységhez, annál nagyobb súllyal számít az azon a helyen felvett érték. Meghatározható egy távolsághatár, amelyen kívül már zérus súllyal vesszük figyelembe az értékeket a becslésben. Jelen projektben akkor használhatnánk a térbeli interpoláció módszerét, ha rendelkezésünkre állna elegendő számú területi egységre vonatkozóan, kellő részletezettségű információ. Mivel számunkra csak egyetlen idősor áll rendelkezésre, a nemzeti szintű adatok, más módszert kell keresnünk.

Választásunk egy egyszerűsített *faktor-modellre* esett.⁵ Azt feltételezzük, hogy a nemzeti szintű változók a megyei szintű változók közös faktora, és a faktorsúlyok (loadings) meghatározzák, hogy a megyei szintű változók milyen mértékben mozognak együtt a nemzeti szintű változóval. A múltbeli adatokon megfigyelt együttmozgás szabályai a jövőbeli területi trendek előrejelzésének az alapját adják.

Tekintettel arra, hogy a projekt előrejelzést szolgáltat a népesség jövőbeli alakulására vonatkozóan, ezzel a változóval kiegészíthetjük a modellt, és a megyei szintű változóknak nemcsak a nemzeti szintű változóval mért együttmozgását, hanem a népesség változásával mért együttmozgását is figyelembe vesszük. A népességet így egy vezérlő változónak tekinthetjük.

A regionális dezaggregálás területi forгатókönyvei

Mivel az előrejelzés időhorizontja meglehetősen hosszú a makromodellezés gyakorlati kivitelezésének a szempontjából, több lehetséges területi forгатókönyvet is igyekszünk számításba venni, noha a NATÉR adatbázisába csak a legvalószínűbb/alappálya kerül bele. A klíamodellek esetében általános

⁵ A faktor-modell regionális dezaggregálásban történő alkalmazásáról lásd például Rapach-Strauss (2012), Lehman-Wohlrabe (2012) és Kopoin et al. (2013) munkáit.

gyakorlat, hogy kétféle jövőbeli forgatókönyv alapján készítenek előrejelzéseket: egy a gazdasági szereplők változatlan magatartására alapozó (business-as-usual) forgatókönyv, ami nem tesz lépéseket a klímaváltozás hatásainak csökkentése érdekében. Ezt a forgatókönyvet egy összehasonlítási alapnak tekintik, és szembeállítják egy vagy több, különböző klímapolitikai beavatkozásokat tartalmazó forgatókönyvekkel. E két forgatókönyv kiegészíthető egy harmadikkal, amit alappályának (baseline scenario) tekinthetünk, és a klímapolitikai beavatkozás nélküli esetet jelenti.

A gazdasági előrejelzés az előző bekezdésben említettekhez hasonlóan háromféle területi forgatókönyvet vesz figyelembe. Mindegyik forgatókönyv a területi egyenlőtlenségek jövőbeli trendjeiről tesz feltételezéseket, és azt írja le, hogy egy területi egység – jelen esetben a megyék – hogyan változtatják meg egymáshoz képest, illetve az országos átlaghoz képest a pozíciójukat az előrejelzési horizont kiinduló időszakához viszonyítva. A három lehetséges területi forgatókönyv tehát a következő:

- alappályára épülő (baseline) forgatókönyv: a területpolitikai beavatkozásokat teljesen nélkülöző, „laissez faire” regionális politika, melynek eredményeképpen a jelenlegi polarizációs trendek még jobban kiéleződnek, a területi polarizáció felgyorsul;
- business-as-usual forgatókönyv: a területpolitikai beavatkozások jelenlegi mértékét extrapolálja a jövőre vonatkozóan, vagyis a területi polarizáció lassan, de folytatódik;
- felzárkóztatást feltételező forgatókönyv: egy aktív területpolitikára épülő, hatékony beavatkozások révén a homogenizálódást megvalósító forgatókönyv, ahol a leszakadó régiók felzárkóznak a fejlettebbekhez, és a megyék közötti fejlettségbeli különbségek csökkennek.

A lehetséges területi forgatókönyvek közül az első kettő viszonylag közel áll egymáshoz, egy irányba mutatnak, ezért nem kívánjuk külön kezelni őket. Feltételezzük, hogy a jövőbeli területi egyenlőtlenségek trendjei valahol az első kettő és a harmadik forgatókönyv között fognak megvalósulni.

Kapcsolódási pontok, korlátok

Ideális esetben a makrogazdasági modell kapcsolódik a többi modellblokkhoz, adatokat vesz át onnan. Itt elsősorban a demográfiai előrejelzés jön szóba, ahonnan inputadatként használjuk a népesség nagyságát, korszerkezetét és – ideális esetben még – az iskolázottságát, amivel a humán tőke minőségét jellemezhetjük. A földhasználati előrejelzés által szolgáltatott adatok közül inputként vehető át a termőterületek nagysága és az infrastruktúra mennyisége/minősége, ilyen módon a földterület is számításba vehető a

termelési tényezők sorában, amihez egy technológiai koefficienszt rendelhetünk hozzá, amiben megjelenhet a klímaváltozás hatása. A klímaváltozásra adott előrejelzések is beéülnek a modellbe néhány változón keresztül.

A gazdasági modell előrejelzésének egy korlátját adja az a tény, hogy hiányzik a visszacsatolás a gazdasági szféra és a klímaváltozás között, ugyanis adottságként kell kezelni a NATÉR által szolgáltatott klíma-előrejelzést. Nyilvánvaló azonban az, hogy nemcsak a klímaváltozás hat a gazdasági teljesítményre, hanem a gazdasági tevékenységek intenzitása, szerkezete, a technológiai fejlődés stb. is visszahat a klímaváltozásra.

A gazdasági előrejelzés referenciaadatként az 1990 utáni időszak adatait kívánja figyelembe venni, és előrejelzéseit éves szinten készíti el.

A FÖLDHASZNÁLAT-VÁLTOZÁS MODELLEZÉSE

A környezet modellezése

A környezeti elemek szimulációjának kezdetei Ford szerint (1999) az 1960-as évek elejére nyúlnak vissza Jay Forrester és kutatótársai munkájához. A modellezés alapját képező mechanizmus az ipari rendszerek visszacsatolás alapú vezérléséből származik, melyet az 'Industrial Dynamics' című munkában publikáltak (Forrester, 1961), és amely megalapozta rendszerdinamika tudományát. Forrester és munkatársai ezután több lehetséges alkalmazást is bemutatottak, melyből témánkhoz az 1969-ben megjelent 'Urban Dynamics' (Forrester, 1969) kapcsolódik leginkább. Ebben Forrester azt vizsgálta, hogy miért van az, hogy a nagyvárosok fejlődésében a gyors népességnövekedés szakaszát egy stagnálás követi, melyet agresszív ingatlanfejlesztésekkel sem sikerül megállítani. A város működését szimuláló modell szerint a városok gyorsan tudnak növekedni kedvező körülmények között, de amint a beépíthető területük telítődik stagnálás következik, elavuló ingatlanállománnyal és csökkenő ipari teljesítménnyel. Kimutatta, hogy a megszokott városfejlesztési lépések (pl.: exkluzív ingatlanfejlesztések) tovább rontanak a helyzeten, így ezekkel szemben egy az addigi elképzelésekkel ellentétes megoldást javasolt a modell eredményei alapján, amelyben a slum-ok lerombolására és revitalizációjára helyezte a hangsúlyt. Ezt a megközelítést azóta is előszeretettel alkalmazzák a világ nagyvárosainak tervezői, fejlesztői. Ebből az időszakból mindenképpen meg kell még említenünk a Meadows házaspár 'A növekedés határai' (Meadows et al., 1972) című könyvét, amely ugyancsak rendszerdinamikai alapokon nyugszik.

A környezeti modellezés jelenlegi lehetőségeit Ford foglalta össze 'Modeling the environment: an introduction to system dynamics models of environmental systems.' című 1999-es művében (2009-ben bővített 2. kiadás jelent meg). Kifejezetten a térbeli (földrajzi) modellekkel foglalkozó összefoglaló munka a Muruyama és Thapa által szerkesztett 'Spatial Analysis and Modelling in Geographical Transformation Process. GIS based applications' című 2011-es könyv, melyben külön tematikaként foglalkoznak a földhasználat és a felszínborítás térbeli elemzésével és azok változásainak modellezésével (többek között a városi területek növekedését, vagy az erdőterületek változását előrejelző szimulációk bemutatásával) (Muruyama és Thapa, 2011).

A felszínborítás változás modellezésének céljai

A földhasználat változás (Land use change; LUC) és a felszínborítás változás modellezése (Land cover change modeling; LCM) fogalmak tartalma részben eltérő, mivel azonban Magyarország esetében a felszínborítás változás elsősorban a föld használatával kapcsolatos tudatos emberi döntések következménye, esetünkben a két fogalom szinonimaként történő használata megengedhető egyszerűsítés. A földhasználat változás és a felszínborítás változás modellezése az elmúlt 40 évben vált egyre fontosabb területté az ember és a környezet kapcsolatrendszerének vizsgálatában. Az ilyen típusú kutatások lehetőségét az teremtetten meg, hogy a műholdas távérzékeléssel és a társadalmi-gazdasági adatok egyre nagyobb körének rendszeres gyűjtésével megfelelő területi adatbázisok keletkeztek az elemzések elvégzéséhez. Szükségessé pedig azért váltak e vizsgálatok, mert olyan globális és regionális környezeti problémák jelentek meg (erdőirtások, vízhiány, klímaváltozás), amelyek komplex vizsgálatához elengedhetetlen a Föld felszínének és használatának a monitorozása, a trendek meghatározása és a jövőbeni állapotok előrejelzése.

A földhasználat változás modellezése az alábbi kutatási, területi és ágazati tervezési témákhoz nyújthat fontos információkat (Geographical Sciences Committee, 2014):

- felszín-klíma kölcsönhatások,
- vízkészletek és vízminőség,
- biológiai diverzitás, ökoszisztéma szolgáltatások,
- élelmiszer- és ipari növények termelése,
- energia és karbon kibocsátás,
- urbanizáció, épített környezet és infrastruktúra tervezés.

Módszertani megközelítések és alkalmazott szimulációs környezet

A szakirodalomban a földhasználati modelleket különböző szempontok szerint csoportosították már, pl.: méretük szerint (Baker, 1989), vagy a módszer/megközelítés szerint, amit alkalmaznak az előrejelzés megalkotásához (Lambin et al., 2000). A legújabb ilyen jellegű írások akár 4-5 szempont alapján 18-19 különböző csoportot különítenek el (Heistermann et al., 2006; Koomen és Stillwell, 2007). A kutatók körében azonban bevett gyakorlat, hogy a modelleket az alapján csoportosítják, illetve nevezik el, hogy azok a földhasználat szimulációját milyen alapkoncepció/módszer szerint próbálják meg lekövetni (Schrojenstein Lantman et al., 2011). Erre példaként hozhatjuk fel a sejtautomata megoldásokat, amelyek a szomszédsági hatásokon alapulnak. A

szakirodalom elemzése alapján Schrojenstein és kollégái (2011) szerint az összes felszínborítás változás hátterében az alábbi négy koncepció vagy azok valamilyen kombinációja állhat:

- a történelmi trendek folytatódása – ez azt jelenti, hogy ha pl. régebben az emberek szerettek a tavak, folyók mellett élni akkor ez a trend a jövőben is folytatódni fog, illetve ha egy adott időtáv alatt az erdők 15 %-át vágták ki a települések növekedése miatt, akkor a jövőben előrevetítve ugyanannyi évet, hasonló folyamatot fogunk látni,
- a terület alkalmassága különböző földhasználati formákhoz – Alonso (1964) földhasználati elmélete alapján tudjuk, hogy a gazdaság szereplői az adott területen a maximális profit elérésére törekednek, ugyanakkor a cél megvalósítását több tényező is befolyásolhatja pl.: a talajminősége, vagy éppen az adott parcella távolsága a piacoktól,
- szomszédsági hatások – ennek lényege, hogy egy adott területen a lehetséges konverziók függenek az azt körülvevő környezettől (annak haszonvételétől), ennek lehetnek biofizikai, vagy társadalmi-gazdasági okai egyaránt,
- szereplők (fejlesztők) cselekvései közötti kölcsönhatás – ezen elgondolás szerint a telkeket használók, fejlesztők egyéni vagy csoportos, a gazdasági lehetőségekkel összefüggésben hozott döntései a meghatározók a változásokat illetően.

Ezek a földhasználat változást leíró koncepciók erősen leegyszerűsítők, ugyanakkor nagyon fontosak a minél jobb modellek megalkotásához. Bizonyos esetekben a változások hátterében feltételezett koncepciók és a modellezés módszere között összefüggés mutatkozik (pl.: a sejtautomaták a szomszédsági hatások, míg az ágens alapú modellek a fejlesztők cselekvései közötti kölcsönhatásra épülő szimulációk esetében alkalmazhatók jól).

A szakirodalomban alapvetően a következő modellezési módszertanokat különíthetjük el⁶ (Schrojenstein Lantman et al., 2011; Geographical Sciences Committee, 2014):

1. *Sejtautomaták*: a legismertebb módszer a földhasználat modellezésben, az első ilyen megoldást Tobler (1979) alkalmazta a földrajzon belül. Alapvetően a történelmi trendek folytatódására, a szomszédsági hatásokra és a terület alkalmasságára épül. Maguk a modellek négy elemből épülnek fel: a helyből, annak állapotából, az időlépésekből és a konverziós szabályokból. Ez utóbbi kidolgozása vagy statisztikai elemzésre alapozva

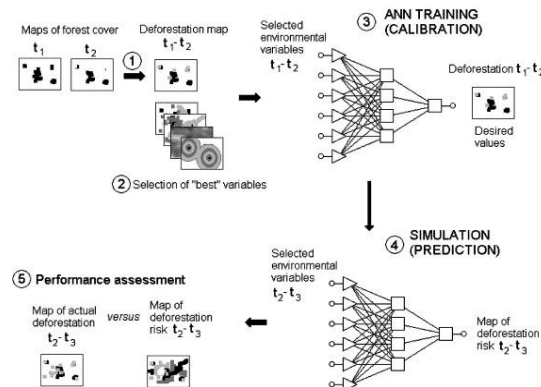
⁶ A szakirodalomban más elnevezésekkel is találkozhatunk, azonban a különbségek bizonyos módszerek összevonásából, vagy éppen külön kezeléséből adódnak, illetve egyre több a hibrid megoldás, ami lehetetlenné teszi az ilyen alapon történő pontos szétválasztást.

történik, vagy a modellezést végző a szakmai tapasztalata alapján alakítja ki. A sejtautomata modellek közül a CLUE-t (Conversion in Land Use and its Effects) emelhetjük ki, különösen azért, mert Európában a szakpolitikai döntések előkészítésében is szerepet kapott (Verburg et al., 2008), és mert az eredeti modellt már 1996-ban publikálták, így alkalmazásáról sok tapasztalat áll rendelkezésre.

2. *Gépi tanulás és egyéb statisztikai megközelítések:* e módszerek sajátossága, hogy a bemeneti adatok (magyarázó változók) és a kimenet (felszínborítás változás) között valamilyen összefüggést próbálnak felállítani. Ezek alapján azután a meghatározott konverziók mindegyikére változási potenciál térképeket generálnak. Az összefüggések feltárása, a magyarázó változók keresése történhet hagyományos statisztikai módszerekkel (logisztikus regresszió), vagy valamilyen gépi tanuló algoritmus felhasználásával, melyre az egyik legelterjedtebb példa a mesterséges neurális hálózatok alkalmazása.

A gépi tanulás általában két fázisból áll. Az elsőben van egy tanuló adatbázis, amelyen lefuttatják a tanuló algoritmust és végeredményül megszületik a modell. A második fázisban az elemezni kívánt adatainkra alkalmazzuk a korábban kialakított modellt, amelyből így információt nyerhetünk ki. A földhasználat változás esetében a mesterséges neurális hálózatok alkalmazásának menete az alábbi ábrán látható.

5. ábra: A mesterséges neurális hálózatokkal végzett modellezés menete



Forrás: Mas et al. 2004

A gépi tanuláson és statisztikai megközelítésen alapuló modellek általában a történelmi trendek folytatódásának előrejelzésében jók, illetve akkor, ha nincs koncepciónk a vizsgálati területen lezajló földhasználati változások hajtóerőit illetően (vagy, ha nagy területű heterogén környezeti, gazdasági és társadalmi adottságú mintaterületet vizsgálunk, ahol maguk az okok erősen differenciáltak). Ebből következően viszont nem alkalmasak arra, hogy azokat a szakpolitikai változásokat hatásait szimulálják, amelyek a történelmi trendektől eltérő fejlődési utakat preferálnak (Geographical

Sciences Committe, 2014). Ezt a megközelítést alkalmazó legelterjedtebb szoftverkörnyezet az Idrisi/Terrset Land Change Modeler-e, melyben az MLP hálózat mellett, hagyományos statisztikai módszerek (logit, Simweight) közül is választhatunk a változási potenciál térképek előállításához, illetve külön tervezési modulban lehet beállítani az ágazati szakpolitikák befolyásoló hatását.

3. *Gazdasági alapú modellek*: ezek nem igazán földhasználat változási modellek, mint inkább a földhasználat elméletét megalapozó koncepciók, gondoljunk itt például Thünen mezőgazdasági földhasználati zónarendszerére (Thünen, 1966). Ennek az eredeti elméletnek a kiterjesztése Alonso városi földhasználati modellje (1964) és Sinclair (1967) a városi növekedést leíró teóriája. Ezek a megközelítések általában az egyes gazdasági szereplők (egyének és cégek) viselkedésére koncentrálnak, és elsősorban kifejezetten a földhasználatra, és nem a felszínborításra. Mindegyiknek fontos eleme egy piaci ármechanizmus, amely meghatározza az egy egyes szereplők döntéseit, amely egy egyensúlyi állapot kialakulásához vezet.
4. *Ágens alapú modellek*: ez egy összefoglaló kategória, ide tartozik az 'egyén alapú modellezés' vagy a mikro-szimuláció például. A koncepcionális háttér azonban minden esetben az egyes szereplők cselekvéseinek kölcsönhatásainak vizsgálatára épül. A tematikánk szempontjából a tipikus ágensek a földtulajdonosok, a bérlők, az ingatlanfejlesztők, a földkezelők és az intézmények lehetnek. Az egyik első ágens alapú földhasználat változási modellt Balmann (1996) alkotta meg, aki az egyes farmerek preferenciáinak és döntéseinek tükrében szimulálta a mezőgazdasági területeket érintő konverziókat.
A módszer sajátossága, hogy az egyes szereplők motivációit a statisztikai adatszolgáltatási rendszer adatai alapján nem lehet összeállítani, így általában ezt kérdőívezéssel szokták feltárni.
5. *Markov láncok*: alkalmazásuk a történelmi trendek további folytatódásának előrejelzéséhez kötődik. Az első ilyen jellegű modellt Burnham (1973) alkotta meg még 1973-ban. A modellezés során a vizsgálatban meghatározott földhasználati kategóriákra a valószínűségi vektorok alapján egy átmenetmátrix (lásd. 6. ábra) állítható össze, amely alapján a konverziók valószínűsége és azok mennyisége is előreszámíthatók.

6. ábra: a jövőbeli potenciális földhasználat-váltások átmenetmátrixa

Current\future land use	Farmland	Peri-Urban	Urban
Farmland	0.50	0.40	0.10
Peri-urban	0	0.8	0.2
Urban	0	0.1	0.9

Forrás: Schrojenstein Lantman et al. 2011

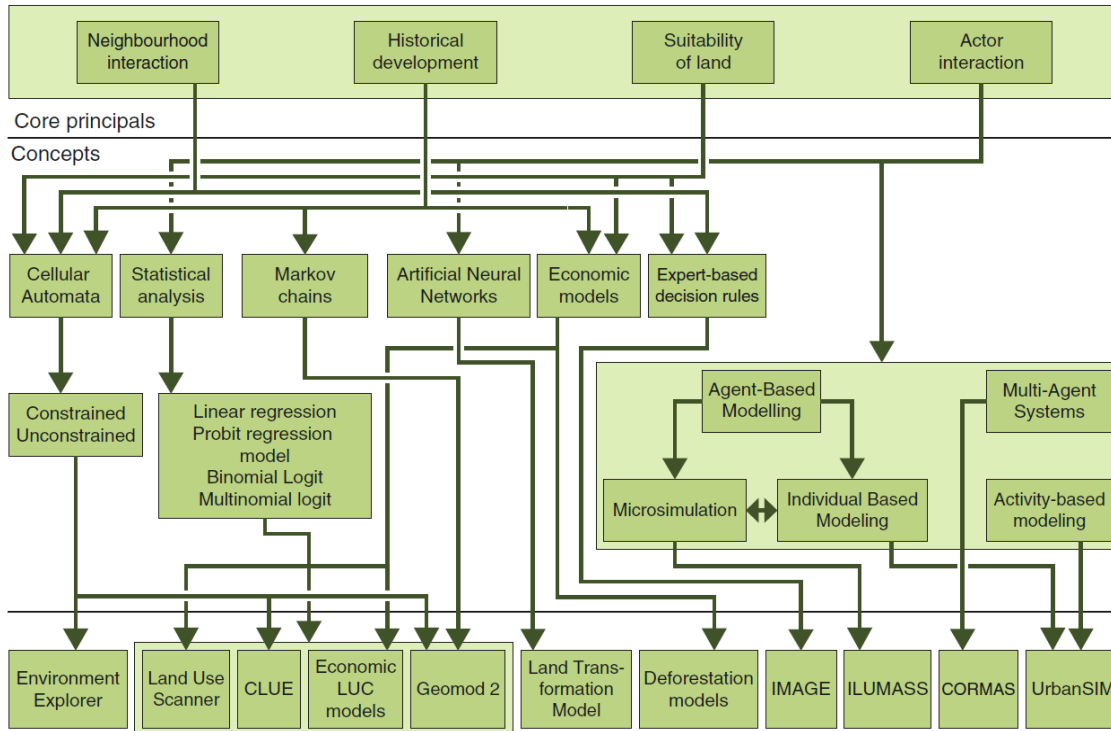
A módszer hátránya, hogy az átalakulás helyét nem határozza meg, tehát annak kijelöléséhez további előfeltevések szükségesek. Lényegében a ma elérhető Terrset/ArcGIS LCM modellezést végző modulja is ezen alapul. E program esetében tehát lényegében egy hibrid modellről van szó, ahol az átalakulás helyét az MLP vagy a statisztikai elemzés változási potenciáltérképei jelölik ki, míg a változások kategóriák közötti allokációját egy másodfokú Markov lánc⁷ végzi.

6. *Hibrid modellek:* a Terrset/ArcGIS LCM példájából is látható, hogy az egyes módszertanok sok esetben keverednek egy adott modellezési környezetben belül ún. hibrid modellt létrehozva. Ennek hátterében az áll, hogy az egyes megoldások a földhasználat változás más-más koncepcióinak szimulálásában mutatnak jó eredményt, így kombinált alkalmazásuk előnnyel járhat a végeredményt tekintve, illetve a modellezés paraméterei is szélesebb körben meghatározhatók lehetnek.

A 7. számú ábra a földhasználat változás koncepcióinak, a módszereknek és a szimulációs környezeteknek adja az egyszerű összefoglalását.

⁷ Elsőfokú Markov lánc, ahol az átmenetmátrixot szakértői becsléssel állítjuk elő, a másodfokú esetében két földhasználati állapot összehasonlításából készül valamilyen módszerrel a konverziós tábla.

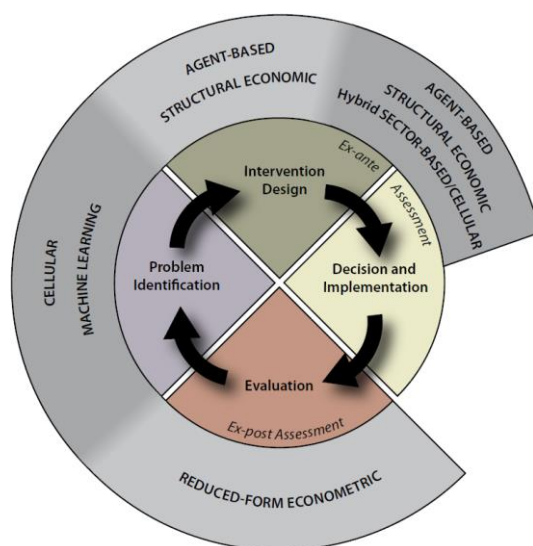
7. ábra: Konceptiók, módszerek és szoftverek



Forrás: Schroyen Lantman et al. 2014.

Végezetül fontos azt is kihangsúlyoznunk, hogy az egyes módszerek más-más területen alkalmazhatók igazán eredményesen (Geographical Sciences Committee, 2014). A statisztikai analízisen, vagy a mesterséges neurális hálózatokon alapuló modellek kevésbé használhatók a földhasználatot érintő tervezési döntések előkészítésénél, ezzel szemben az ágens alapú megközelítések kiválóan alkalmasak erre. A gazdasági alapú modellek egyik fő előnye a különböző scenáriók vizsgálatában lehet. Összességében elmondható, hogy jelenleg azok a modellek, amelyek a mennyiségi és a konverziók térbeli disztribúcióját tekintve a legpontosabbak, kevésbé alkalmasak különböző a történelmi trendektől eltérő változások kezelésére (pl.: szakpolitikai döntések, megváltozott piaci környezet) a szimuláció futtatása során. A LUC megközelítések és a szakpolitikai döntés-előkészítés fázisainak összefüggéseit a 8. számú ábra foglalja össze.

8. ábra: Módszerek és alkalmazási lehetőségeik.



Forrás: Geographical Sciences Committee, 2014

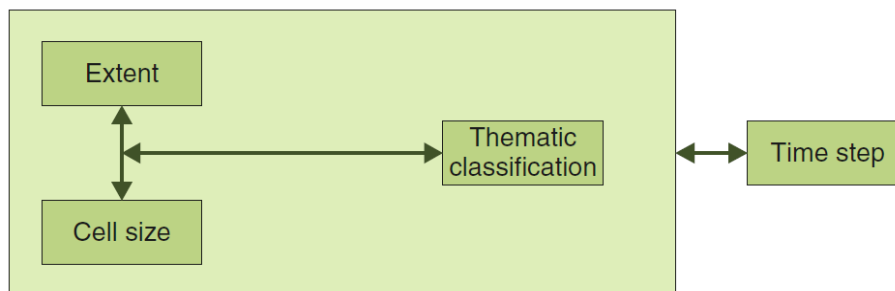
Jövőbeni fejlődési irányok és kihívások

Talán összefoglalónk korábbi alfejezeteiből is kitűnt, hogy a földhasználat változás elméleti hátterének teljeskörű megalapozásához még további kutatásokra van szükség. Jelenleg egyre pontosabban nyomon tudjuk követni a 'minták' változását, ugyanakkor a mögöttük lévő környezeti, gazdasági és társadalmi folyamatokról már jóval kevesebbet tudunk (Geographical Sciences Committee, 2014). Természetesen a felszínborítás/földhasználat kategorizálásában is vannak még kihívások, melyekre ígéretes új módszerek kerültek kidolgozásra, mint például az objektum alapú képfeldolgozás (OBIA vagy GEOBIA az pl.: az eCognition szoftverben). Ezek mellett az újabb szenzortechnológiák alkalmazása (pl.: 3D LiDAR, hiperspektrális érzékelők) is előrelépést hozhat az adatok összegyűjtésben. Elsődleges kihívásként tehát az adatgyűjtés komplexitásának/pontosságának növelését, és a háttér folyamatok monitorozását említhetjük, melyek alapvetően szükségesek a jobb eredmények eléréséhez ezen a kutatási területen.

Mivel a földhasználat változás szimulációja egy határterület, és más ágazatokhoz pl.: a klímaváltozás modellezéséhez is szorosan kapcsolódik, ki kell dolgozni az együttműködéshez a megfelelő szttenderdeket, illetve adaptálni kell bizonyos módszertani megközelítéseket (Geographical Sciences Committee, 2014). Erre a legjobb példa a klíma modellezésben használt szcenáriók átvétele lehet, amelyekkel a két terület előrejelzései összehangolhatók (illetve egyáltalán a forgatókönyv alapú modellezés elterjedése a LUC-ben). Természetesen ehhez az is szükséges, hogy kibővítsük ezeket a forgatókönyveket a földhasználat változás tekintetében.

Schrojenstein Lantman és kutatótársai (2011) a jövőbeni kihívások tekintetében a modellek belső 'koherenciájának' további fejlesztésére teszik a hangsúlyt. E tekintetben a felszínborítás kategóriák számának, a mintaterület nagyságának, a felbontásnak és az időtávnak a modelleken belüli összefüggéseire hívják fel a figyelmet (lásd 9. ábra).

9. ábra: A LUC modellek belső „optimalizációjának” kihívása.



Forrás: Schrojenstein Lantman 2011

Hazai példák

A hazai szakirodalomban is találhatunk példákat a földhasználat változás modellezésére, többféle területi szinten, eltérő modellekkel és szoftverkörnyezettel. Elsőként Duray Balázs PhD dolgozatát (2009) emelnénk ki, amely a „Tájdinamikai vizsgálatok – A tájhasználat-változás és a regenerációs potenciál összefüggéseinek modellezése” címet viseli. Kutatásának célja egyrészt az volt, hogy a tájváltozásokkal összefüggésben álló környezeti, társadalmi és gazdasági tényezőket feltárja, másrészt, hogy az általa használt módszer alkalmazhatóságát regionális léptékben tesztelje, harmadrészt, hogy a kis-sárréti mintaterület regenerációs potenciáljának elemzése kapcsán a fenntartható tájgazdálkodásra is javaslatot tegyen. A földhasználat változásának szimulációjára – a módszertani részben már említett – CLUE-S modellt alkalmazta. Munkájának eredményeként meghatározta a Dél-Alföld viszonylatában a tájhasználatot befolyásoló tényezőket, valamint a Kis-sárrét vonatkozásában a természetes élőhelyek regenerációs potenciáljának meghatározó faktorait (Duray, 2009).

A hazai tájváltozási folyamatok modellezésével a Budapesti Corvinus Egyetem Tájvédelmi és Tájrehabilitációs Tanszékén is foglalkoznak, mely munka eredményeit a VI. Tájökológiai Konferencián mutatták be (Vaszócsik, 2015). A kialakított modell alapvetően a tájtervezők munkájának megalapozását szolgálja. A szoftverhátteret a holland RIKS-Metronamica biztosítja, melyben egyedi modellt alakítottak ki. Ebbe integrálták a KSH népesség-előrejelzési számításait a mesterséges felszínek iránti igény előrejelzésére, illetve a klímaváltozás várható hatásait is. A kiinduló adatokat a Corine Land Cover adatbázis biztosítja.

Harmadikként említhetjük Tamás „Precision Agriculture” (2013) című munkáját, melyben a 14. fejezet foglalkozik az alkalmazott földhasználat változás modellezésével. Ebben az IDRISI szoftver példáján keresztül vezeti le a modellezési lépéseket, illetve mutatja be a folyamat során előállított változási potenciáltérképeket. Az ábrákon mintaterületként a Dél-Alföld szerepel.

Végezetül meg kell említenünk egy csak részben idevágó tanulmányt, melyben Munteanu és kutatótársai (2014) 66, a földhasználat változásával (102 mintaterület) foglalkozó tanulmány eredményeit összegezték. A publikációk mindegyike a Kárpát-medence valamilyen tájegységére, területére vonatkozóan vizsgálta a konverziók nagyságát, és a mögöttük álló hajtóerőket. Ez utóbbiakkal kapcsolatban megállapították, hogy az intézményi és a gazdasági-társadalmi környezet megváltozása drasztikus hatással járhat régióinkban a földhasználatra mind az erdők, mind az agrárgazdaság esetében. Különösen fontos ez a megállapítás annak a tükrében, hogy az elemzésbe vont tanulmányok az Osztrák-Magyar Monarchia időszakától egészen a 2000-es évek elejéig tartalmaztak adatokat a vizsgált témáról.

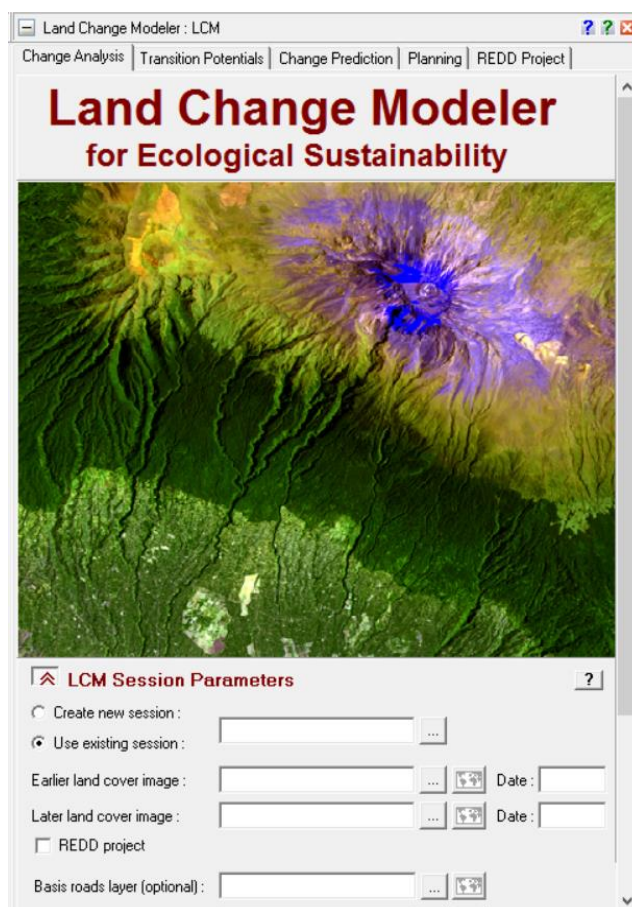
Az általunk kiválasztott szoftvercsomag és módszer

A fejlesztő Clark Labs a Conservation International-el közösen, több évi fejlesztőmunka eredményeként alkotta meg azt a sokoldalú szoftverkörnyezetet, amely a felszínborítás változás elemzésére, annak előrejelzésére, és ennek a biodiverzitásra gyakorolt hatásainak vizsgálatára is alkalmas. A Land Change Modeler 2006-ban jelent meg az IDRISI térinformatikai alkalmazáson belül (az Idrisi Selva v17 után jelenleg Terrset néven fut a program, a névváltozást a jelentős funkcióbővülés indokolta), majd pár év múlva külön modulként az ArcGIS szoftverhez is elérhetővé vált.

A kezelőfelület a LUC modellezés fontosabb lépései köré szerveződik, így a külön almenükben jelenik meg a változáselemzés, a változási potenciálok, az előrejelzés, a tervezési környezet, valamint a REDD projekt készítése (Reducing Emissions from Deforestation and Degradation, amely a WorldBank BioCarbonFund módszere alapján számolja az antropogén üvegházhatású gázok kibocsátásának alakulását a földhasználat konverziók függvényében, ez nem szerves része a LUC modellezésnek, viszont annak eredményeire épül) (lásd. 10. ábra). Látható tehát, hogy a szoftver logikusan végigvezet az egyes modellezési lépéseken nagyban megkönnyítve a munkát, hiszen az adatok importálása után semmilyen külső megoldás/program használatára nincs szükség szemben más modellezési környezetekkel pl.: CLUE. Mas és kutatótársai (2014) is lényegében ezeket a tulajdonságokat emelték ki az IDRISI LCM-mel kapcsolatban, amikor négy szoftver összehasonlítását végezték el. Kiemelték továbbá, hogy a leginkább felhasználóbarát szoftverkörnyezettel rendelkezik, megfelelően dokumentált és ezáltal összességében gyors tanulást tesz lehetővé a

felhasználók számára, ami tekintve a jelen projekt kivitelezésére rendelkezésre álló időt fontos szempontot jelentett a kiválasztásnál.

10. ábra: Az LCM menüje.



Forrás: Land Change Modeler, Clark Labs

A szoftverkörnyezetek összehasonlítása megmutatta, hogy az alkalmazott módszerek függvényében mindegyiknek vannak előnyei és hátrányai. Az elvégzett összehasonlító próbamodellezés rávilágított arra, hogy az eredmények közötti hasonlóságok és a különbségek alapvetően a háttérben lévő koncepciókból fakadnak, így a sikerhez alapvetően fontos az, hogy a modellezést végzőknek legyen megfelelő ismerete és hipotézise a valóságban zajló földhasználati változásokról és azok hajtóerőiről (Mas et al., 2014).

A modellezés céljai és elvi menete

A célok:

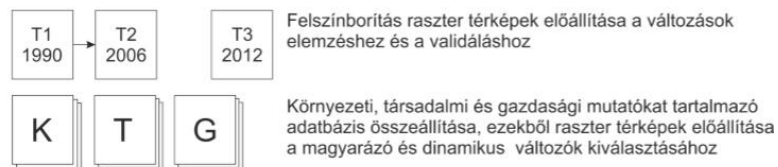
- a mesterséges felszínek, szántóföldek, szőlők/gyümölcsösök, rétek és legelők komplex mezőgazdasági felszínek, erdők felszínborítási kategóriákra várható változások "kemény"modellezése 2030-ig,
- 2050-ig potenciál térképek készítése a további változások valószínűségéről, a trendek irányának meghatározása („puha” előrejelzés),

- javaslatok megfogalmazása a modellezési munka további folytatásához és a módszertan továbbfejlesztéséhez, illetve az eredmények integrációja a párhuzamos EGT projektek eredményeihez (pl.: AGRATÉR).

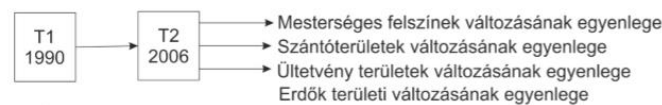
Az előrejelzés elkészítésének tervezett menete:

11. ábra: A modellezés tervezett menete.

1. Adatelőkészítés

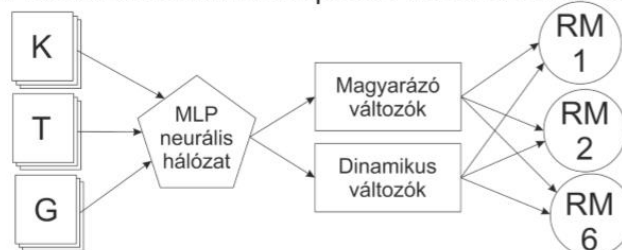


2. A változások elemzése



3. Átalakulási részmodellek kiválasztása

4. Részmodellekhez kapcsolt változók kiválasztása



5. Tervezési korlátozások és speciális változási szabályok beállítása

NATURA2000 és NP területek
Rendezési tervek
Infrastruktúra fejlesztési tervek
Nemzeti Erdőtelepítési Program

6. A részmodellek és a globális modell validálása



7. Átalakulási potenciál és jövőbeni felszínborítás térképek előállítása 2030/2050

Forrás: saját szerkesztés

IRODALOM

Acs, Z., Rappai, G., Szerb, L., (2012): *Index-Building in a System of Interdependent Variables: The Penalty for Bottleneck*. George Mason University, School of Public Policy, Research Paper No. 2011-24.

Acsádi Gy., Pallós E. (1958): Módszerek a népesség távlati alakulásának előrejelzésére (A halandósági tábla modellek alkalmazása Magyarország 1975-ig várható népességének kiszámításánál). *Demográfia*, 1., 68–94.

Alonso, W. F. (1964): *Location and land use*. New Haven, CT: Harvard University Press

An, L., Liu, J., Ouyang, Z., Linderman, M., Zhou, S., Zhang H. (2001): Simulating demographic and socioeconomic processes on household level and implications for giant panda habitats. *Ecological Modelling*, 140/1–2., 31–49.

Augusztinovics M. (2005): Népesség, foglalkoztatottság, nyugdíj. *Közgazdasági Szemle*. 5., 429–447.

Baker, W. L. (1989): A review of models of landscape change. *Landscape ecology*, 2(2), 111–133.

Balman, A. (1996): Farm-based modelling of regional structural change: A cellular automata approach. *European Review of Agricultural Economics*, 24, 85–108.

Bies K., Hablicsek L, Szabó K. (1983a): Magyarország népessége 1981–2001. Országos népesség-előreszámítás. *Központi Statisztikai Hivatal Népeségtudományi Intézetének és a Magyar Tudományos Akadémia Demográfiai Bizottságának Közleményei*, 55.

Bies K., Hablicsek L, Szabó k. (1983b): Magyarország népessége 1981–2001. Területi népesség-előreszámítás. *Központi Statisztikai Hivatal Népeségtudományi Intézetének és a Magyar Tudományos Akadémia Demográfiai Bizottságának Közleményei*, 56.

Burnham, B. O. (1973): Markov intertemporal land use simulation model. *Southern Journal of Agricultural Economics*, 5(1), 253–258.

Cannan, E. (1895): The probability of a cessation of the growth of population in England and Wales during the next century. *The Economic Journal*, 20., 505–515.

Christiano, L. J. – Eichenbaum, M. – Evans, C. L. (2005): Nominal Rigidities and the Dynamic Effects of a Shock to Monetary Policy. *Journal of Political Economy*, Vol. 113, Issue 1, 1–45.

Conaca, Ken – Dabelko, G.D. (eds.) (2015): *Green Planet Blues – Critical Perspectives on Global Environmental Politics*. Westview Press

Constanza, R., Voinov, A. (2001). Modeling ecological and economic systems with STELLA: Part III. *Ecological Modelling*, 143/1–2., 1–7.

Csernák J., Szabó K. (1985): A családok és háztartások előreszámítása. *Központi Statisztikai Hivatal Népeségtudományi Intézetének és a Magyar Tudományos Akadémia Demográfiai Bizottságának Közleményei*, 59.

Csernák J., Szabó K. (1988): A családok és háztartások előreszámítása, 1986–2021. *KSH Népeségtudományi Kutatóintézet Kutatási Jelentések*, 35.

Deryng, D., Sacks, W.J., Barford, C.C., Ramankutty, N. (2011): Simulating the effects of climate and agricultural management practices on global crop yield. *Global Biogeochemical Cycles*. 25, GB2006

Donella H. Meadows – Gary Meadows – Jorgen Randers – William W. Behrens III. (1972): *The Limits to Growth*. New York: Universe Books.

Duray B. (2009): *Tájdinamikai vizsgálatok - A tájhasználat-változás és regenerációs potenciál összefüggéseinek modellezése*. Doktori (PhD) értekezés tézisei. www.rkk.hu/rkk/publications/phd/duray_tezis.pdf

DusekTamás – Kiss János Péter (2008): A regionális GDP értelmezésének és használatának problémái. *Területi Statisztika*, 2008. 3. pp. 264-280.

Ford, F. A. (1999): *Modeling the environment: an introduction to system dynamics models of environmental systems*. Island Press.

Forrester, J. W. (1961): *Industrial Dynamics*. MIT Press, Cambridge

Forrester, J. W. (1969): *Urban Dynamics*. MIT Press, Cambridge

Földházi E. (2012): A népesség szerkezet és jövője. In: Óri P., Spéder Zs. (szerk.): *Demográfiai portré 2012*. KSH Népeségtudományi Kutatóintézet, Budapest, 155–168.

Földházi E. (2015): A népesség szerkezet és jövője. In: Monostori J., Óri P., Spéder Zs. (szerk.): *Demográfiai portré 2015*. KSH Népeségtudományi Kutatóintézet, Budapest, 213–226.

Gábos A., Szivós P. (2010): Jövedelmi szegénység és anyagi depriváció Magyarországon. in Kolosi T., Tóth I.Gy. (szerk.) *Társadalmi Riport, 2010*. TÁRKI, Budapest, 58–82.

Gamito, S., Chainho, P., Costa, J.L., Medeiros, J.P., Costa, M.J., Marques, J.C. (2010): Modelling the effects of extreme events on the dynamics of the amphipod *Corophium orientale*. *Ecological Modelling*, 221/3., 459–466.

Geographical Sciences Committee (2014): *Advancing Land Change Modeling: Opportunities and Research Requirements*. National Academies Press.

Hablicsek L. (1990): Népeségi tartalékok Kelet-Európában. *Demográfia*, 3–4., 235–256.

Hablicsek L. (1991): Magyarország népességének előreszámítása, 1990–2010. Az 1990. évi népszámlálás és az 1989. évi népmozgalom adatain alapuló számítások eredményei. *Demográfiai Tájékoztató Füzetek*, 9.

Hablicsek L. (1992): Magyarország népességének előreszámítása. Demográfiai forgatókönyvek 2010-ig, 2040-ig. *Demográfiai Tájékoztató Füzetek*, 10.

Hablicsek L. (1993): Magyarország népességének előreszámítása, 1993–2020. Az 1993. évi népeségi és az 1992. évi népmozgalmi adatokon alapuló technikai előreszámítás eredményei. *Demográfiai Tájékoztató Füzetek*, 14.

Hablicsek L. (1994a): Családok és háztartások előreszámítása, 1990–2010. *Demográfia*, 1., 60–84.

Hablicsek L. (1994b): A gazdasági aktivitás előreszámítása, 1994–2010. Technikai előreszámítások a demográfiai összefüggések alapján. *Demográfiai Tájékoztató Füzetek*, 16.

Hablicsek L. (1998): Öregedés és népességcsökkenés. Demográfiai forgatókönyvek, 1997–2050. *Demográfia*, 4., 390–413.

Hablicsek L. (2005): A kárpát-medencei magyarság előreszámítása 2021-ig. *Demográfia*, 1., 83–109.

Hablicsek L. (2007a): Népességünk következő évtizedei - különös tekintettel a területi különbségekre. *Demográfia*, 4., 392–429.

Hablicsek L. (2007b): Kísérleti számítások a roma lakosság területi jellemzőinek alakulására és 2021-ig történő előrebecslésére. *Demográfia*, 1., 7–54.

Hablicsek L. (2009): A népesség szerkezet és jövője. In: Monostori J., Óri P., S. Molnár E., Spéder Zs. (szerk.): *Demográfiai portré 2009*. KSH Népességtudományi Kutatóintézet, Budapest, 133–144.

Hablicsek L., Langerné Rédei M., Szabó K. (1987a): Magyarország népessége 1986–2021. Országos népesség-előreszámítás. *Központi Statisztikai Hivatal Népességtudományi Intézetének és a Magyar Tudományos Akadémia Demográfiai Bizottságának Közleményei*, 66.

Hablicsek L., Langerné Rédei M., Szabó K. (1987b): Magyarország népessége 1986–2021. Területi népesség-előreszámítás. *Központi Statisztikai Hivatal Népességtudományi Intézetének és a Magyar Tudományos Akadémia Demográfiai Bizottságának Közleményei*, 67.

Hablicsek L., Monigl I. (szerk.) (1988): Az 1986–2021 közötti időszakra szóló népességprognózisok. *KSH Népességtudományi Kutatóintézet Kutatási Jelentések*, 34.

Hablicsek L., Monigl I., Vukovich G. (1985): A magyarországi népességfejlődés néhány hosszú távú jellemzője 1880–2001 között. *Demográfia*, 4., 403–457.

Hablicsek L., Tóth P.P. (2000): A nemzetközi vándorlás szerepe a magyarországi népesség számának megőrzésében 1999–2050 között. *Demográfia*, 1., 11–46.

Hallegatte, S., Bangalore, M., Bonzanigo, L., Fay, M., Narloch, U., Rozenberg, J., Vogt-Schilb, A., (2014): Climate Change and Poverty. *World Bank Group, Policy Research Working Paper*, November 2014, WPS7126.

Heistermann, M., Müller, C., & Ronneberger, K. (2006): Land in sight?: Achievements, deficits and potentials of continental to global scale land-use modeling. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 114(2), 141–158.

Hermann Z., Varga J. (2012): A népesség iskolázottságának előrejelzése 2020-ig. *Közgazdasági Szemle*, 7–8., 854–891.

Higgs, G., White, S. (2000): Alternatives to census-based indicators of social disadvantage in rural communities. *Progress in Planning*. 53., 1–81.

Járosi Péter – Atsushi Koike – Mark Thissen – Varga Attila (2009): Regionális fejlesztéspolitikai elemzés térbeli számítható általános egyensúlyi modellel: A GMR-Magyarország SCGE-modellje. *PTE KTK KRTI Műhelytanulmányok* 2009/4.

Karádi Péter (szerk.) (2009): Gazdaságciklus-modellek újragondolása – konferencia az MNB-ben. *MNB Szemle* 2009. október, pp. 26–38.

Király Júlia (1998): A makroökonómia vége, avagy egy megkésett Nobel-díj. *Közgazdasági Szemle*, XLV. évf., 1998. december (1082–1095. o.)

Koomen, E., & Stillwell, J. (2007): *Modelling land-use change* (pp. 1–22). Springer Netherlands.

Kopoin, A. – Moran, K. – Paré, J-P. (2013): Forecasting regional GDP with factor models: How useful are national and international data? *Economics Letters* 121 pp. 267–270.

Krugman, Paul (1991): Increasing returns and economic geography. *Journal of Political Economy* 99, pp. 483–499.

- Lambin, E. F., Rounsevell, M. D. A., & Geist, H. J. (2000): Are agricultural land-use models able to predict changes in land-use intensity? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 82(1), 321-331.
- Láng I. Csete L., Jolánkai M. (szerk.) (2007): *A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok. A VAHAVA jelentés.* Szaktudás Kiadó Ház, Budapest.
- Lehman, R. – Wohlrabe, K. (2012): Forecasting GDP at the Regional Level with Many Predictors. *CESIFO Working Paper* No. 3956
- Lever-Tracy, C. (ed.) (2010): *Handbook Of Climate Change And Society.* Routledge, London–New York.
- Lucas, Robert E. Jr. (1976): Econometric policy evaluation: a critique. In Brunner, K.; Meltzer, A. *The Phillips Curve and Labor Markets.* Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy 1. New York: American Elsevier. pp. 19–46. ISBN 0-444-11007-0.
- Major K., Nemes Nagy J. (1999): Területi jövedelmi egyenlőtlenségek a kilencvenes években Magyarországon. *Statisztikai Szemle.* 6., 397–421.
- Mas, J. F., Kolb, M., Paegelow, M., Olmedo, M. T. C., & Houet, T. (2014): Inductive pattern-based land use/cover change models: A comparison of four software packages. *Environmental Modelling & Software*, 51, 94-111.
- Mas, J. F., Puig, H., Palacio, J. L., & Sosa-López, A. (2004): Modelling deforestation using GIS and artificial neural networks. *Environmental Modelling & Software*, 19(5), 461-471.
- Meadows et al., 1972: The limits to growth. New York, 102.
- Meadows, D., Randers, J., Meadows, D. (2005): *A növekedés határai: harminc év múltán.* Kossuth Kiadó, Budapest.
- Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J., Behrens, W.W. III (1972): *Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind.* Universe Books, New York.
- Mills, E. (2009): A Global Review of Insurance Industry Responses to Climate Change. *The Geneva Papers.* 2009, 34, 323–359.
- Munteanu, C., Kuemmerle, T., Boltziar, M., Butsic, V., Gimmi, U., Halada, L., ... & Radeloff, V. C. (2014): Forest and agricultural land change in the Carpathian region—A meta-analysis of long-term patterns and drivers of change. *Land Use Policy*, 38, 685-697.

Murayama, Y., & Thapa, R. B. (Eds.). (2011): *Spatial analysis and modeling in geographical transformation process: GIS-based applications* (Vol. 100). Springer Science & Business Media.

Nelson, G.C., Rosegrant, M.W., Koo, J., Robertson, R., Sulser, T., Zhu, T., Ringler, C., (2009): Climate Change: Impact on agriculture and costs of adaptation. *Food Policy Report*. Washington, D.C., IFPRI, September.

Nelson, G.C., Valin, H., Sands, R.D., Havlik, P., Ahammad, H., Deryng, D., Elliott, J., Fujimori, S., Hasegawa, T., Heyhoe, E., Kyle, P., von Lampe, M., Lotze-Campen, H., Mason-D'Croz, D., van Meijl, H., van der Mensbrugghe, D., Müller, C., Popp, A., Robertson, R., Robinson, S., Schmid, E., Schmitz, C., Tabeau, A., Willenbockel, D. (2013): Climate change effects on agriculture: Economic responses to biophysical shocks. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 9, 3274–3279.

Nemzeti Éghajlatváltozás Stratégia 2014-2025-re, kitekintéssel 2050-re (tervezet). [URL: <http://www.parlament.hu/irom40/05054/05054.pdf>].

O'Neill, B.C., Balk, D., Brickman, M., Ezra, M. (2001): A guide to global population projections. *Demographic Research*, 4., 203–208.

Páldy, A., Bobvos, J. (2014): Health impacts of climate change in Hungary – a review of results and possibilities to help adaptation. *Central European Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 1–2., 51–67.

Pallós E. (1966): Területek népességének távlati alakulása. Budapest, városok és községek népességének előreszámítása 1966.1.1.–1981.1.1. között. *Demográfia*, 3., 381–399.

Pallós E. (1969): A népesség családi állapot szerinti előreszámítása. (Népmozgalmi módszer). *Demográfia*, 1–2., 106–113.

Pallós E. (1973): Magyarország népességének előreszámítása (1972–2001). *Központi Statisztikai Hivatal Népeségtudományi Intézetének és a Magyar Tudományos Akadémia Demográfiai Bizottságának Közleményei*, 36.

Pallós E., Tamásy J., Vukovich Gy. (1968): Magyarország népességének előreszámítása (1966–2001). *Központi Statisztikai Hivatal Népeségtudományi Intézetének és a Magyar Tudományos Akadémia Demográfiai Bizottságának Közleményei*, 19.

Palócz Éva – Vakhal Péter (2014): *Alapozó előtanulmány a makrogazdasági és költségvetési előrejelzési módszertanokról a Költségvetési Tanács számára*. Kopint-Tárki Zrt. <http://www.parlament.hu/documents/126660/239875/Modell-v%C3%A1zlat+Kopint-T%C3%A1rki.pdf/ae94a305-e1f1-4ef1-8ee8-ed9df4a86f9c> (2015. 12. 14.)

Rapach, D.E. – Strauss, J.K. (2012): Forecasting US state-level employment growth: An amalgamation approach. *International Journal of Forecasting* 28. pp. 315–327

Rappai G., Szerb L. (2011): Összetett indexek készítése új módon: a szűk keresztmetszetekért történő büntetés módszere. Közgazdasági és Regionális Tudományok Intézete Pécsi Tudományegyetem, Közgazdaságtudományi Kar, *Műhelytanulmányok 2011/1*, Pécs

Rappai Gábor (2010): A statisztikai modellezés filozófiája. *Statisztikai Szemle* 88. évf. 2. sz. pp. 121-140.

Richmond, B. (2013): *An introduction to systems thinking*. Isee systems.

Sims, C. (1980): Macroeconomics and Reality. *Econometrica*, Vol. 48 Issue 1, p. 148

Sinclair, R. (1967): Von Thunen and Urban Sprawl. *Annals of the Association of American Geographers*, 57(1), 72–87.

Smets, F. – Wouters, R. (2003): An estimated dynamic stochastic general equilibrium model of the euro area. *Journal of the European Economic Association*. Vol. 5, Issue 09, 1123–1175.

Smith, K.R., Woodward, A., Campbell-Lendrum, D., Chadee, D.D., Honda, Y., Liu, Q., Olwoch, J.M., Revich, B., Sauerborn, R. (2014): Human health: impacts, adaptation, and co-benefits. In: Field, C.B., Barros, V.R., Dokken, D.J., Mach, K.J., Mastrandrea, M.D., Bilir, T.E., Chatterjee, M., Ebi, K.L., Estrada, Y.O., Genova, R.C., Girma, B., Kissel, E.S., Levy, A.N., MacCracken, S., Mastrandrea, P.R., White, L.L. (eds.): *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 709–754.

Smith, S.K., Tayman, J., Swanson, J.A. (2013): *A practitioner's guide to state and local population projections*. Springer, Dordrecht, Heidelberg, New York, London (The Springer Series on Demographic Methods and Population Analysis; 37.)

Szabó K. (1980): Magyarország népessége 1980–2021. *Központi Statisztikai Hivatal Népeségtudományi Intézetének és a Magyar Tudományos Akadémia Demográfiai Bizottságának Közleményei*, 49.

Szabó K. (1984): Magyarország népessége 1981–2001. Budapest és az agglomeráció népességének előreszámítása. *Központi Statisztikai Hivatal*

Népességtudományi Intézetének és a Magyar Tudományos Akadémia Demográfiai Bizottságának Közleményei, 57.

Szabó K. (1986): Családok és háztartások demográfiai jellemzőinek előreszámítása. *Központi Statisztikai Hivatal Népességtudományi Intézetének és a Magyar Tudományos Akadémia Demográfiai Bizottságának Közleményei*, 61.

Szabó K., Langerné Rédei M. (1984): Magyarország népessége 1981–2001. A megyeszékhelyek népessége. *Központi Statisztikai Hivatal Népességtudományi Intézetének és a Magyar Tudományos Akadémia Demográfiai Bizottságának Közleményei*, 58.

Századvég Gazdaságkutató Zrt. (2014): Középtávú makrogazdasági, költségvetési (államháztartási) előrejelző modell - Módszertani előtanulmány. http://www.parlament.hu/documents/126660/239875/KKM_el%C5%91tanulm%C3%A1ny_KT_SzGK_20141031+Sz%C3%A1zadv%C3%A9g.pdf/b4697d83-1b98-4189-90a3-823ad954e17a (2015. 12. 14.)

Tamás J. (2013): *Precision Agriculture*. University of Debrecen. http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011_0009_Tamas_Janos-Precision_Agriculture/ch14.html (2015. 12. 14.)

Thünen, J. H. (1966): *Isolated state*: An English edition of *Der isolierte Staat*. New York: Pergamon Press.

Tobler, W. (1979): Cellular geography. In S. Gale & G. Olsson (Eds.) *Philosophy in geography* (pp. 379–386). Dordrecht: Reidel.

Townsend, P. (1979): *Poverty in the United Kingdom: a survey of household resources and standards of living*. Penguin Books, Harmondsworth

van Schrojenstein Lantman, J., Verburg, P. H., Bregt, A., & Geertman, S. (2011): Core principles and concepts in land-use modelling: a literature review. *Land-Use Modelling in Planning Practice* (pp. 35-57). Springer Netherlands.

Vaszócsik V. (2015): Hazai tájhasználat változási folyamatok modellezése. <http://tajokologiaikonferencia.hu/media/downloads/VaszocsikV.doc> (2015. 12. 14.)

Verburg, P. H., Eickhout, B., van Meijl, H. (2008): A multi-scale, multi-model approach for analyzing the future dynamics of European land use. *Annals of Regional Science* 42 (1):57-77

Walters, S. (2001): Landscape pattern and productivity effects on source-sink dynamics of deer populations. *Ecological Modelling*, 143/1–2., 17–32.