

Budapesti Corvinus Egyetem
Matematikai Közgazdaságtan és Gazdaságelemzés
Tanszék

Ágensalapú modellek a közgazdaságtanban és a
pszichológia

Vincze János

Budapest, 2019. december

Tartalomjegyzék

1 Bevezetés.....	3
2 Elméleti alapok	4
3 Jelenségek, amelyek magyarázatra szorulnak.....	8
4 Viselkedési közgazdaságtan és a szerszámoszláda elmélet	11
5 Közgazdasági alkalmazások	17
6 Adaptáció, tanulás.....	27
7 Ágensalapú modellezés	28
Ágensalapú modell példák NetLogo-ban.....	29
Ágensalapú adózási modellek	31
Ágensalapú pénz és tőkepiaci modellek.....	35
Ágensalapú árazási és piaci modellek	36
8 Ágensalapú makromodellek.....	38
A BAM modell.....	38
Egy megtakarítási modell (Varga-Vincze (2016, 2019))	39
9 Hivatkozások.....	45
10 Függelékek.....	49
Adócsalás modell.....	49
Oligopol árazási modell (MATLAB program)	57
Ágens-alapú megtakarítási modell (MATLAB program).....	65

1 Bevezetés

A 2008 óta tartó gazdasági válság jelentősen megnövelte a hagyományos közgazdaságtannal szembeni „külső” (társadalmi) elégedetlenséget. Ez katalizátorként hatva felgyorsította a belső, paradigmaváltás irányába ható tendenciákat. Ez a paradigmaváltás két – eddig alapvetően elkülönülve fejlődő – terület kölcsönhatásából látszik kialakulni. Egyikük a viselkedési közgazdaságtan, amely a pszichológia és kognitív tudomány eredményeit használja fel, és amelyet például a versenypolitika már adoptált. A gazdaságpolitika más ágaiban való elterjedéséhez azonban új modellezési technikák alkalmazására van szükség. Ezt szolgáltathatja az ágens-alapú közgazdasági modellezés, amelyet a számítástudomány és a mesterséges intelligencia fejlődése tett - többek között - lehetővé. A jegyzet, amely a Gazdaság-és Pénzügymatematikai Elemző szak megfelelő tárgyához kapcsolódik, azt mutatja be, hogy ez a két terület hogyan hat egymásra, és hogyan teszik lehetővé, hogy a pszichológiai eredményeket magába építő komplex gazdasági modellek jöjjenek létre.

2 Elméleti alapok

ABM-ről általában

Az ágens-alapú modellek (Agent-Based Model, ABM) a közgazdasági modellezés egy olyan sajátos válfaja, amely az utóbbi 20 évben számos területen egyfajta alternatívát jelent a hagyományos megközelítésekhez képest. Ez az új megközelítés egymással összefüggő, részben elméleti (filozófiai), részben pedig matematikai (metodológiai) szempontokat is magában foglal. Elméleti szempontból ezek a modellek általában nem tartalmaznak optimalizáló ágenseket, de legalábbis nem tartalmaznak olyanokat, amelyek esetében az optimalizálás nem fejezhető ki explicit (kiszámítható) függvényként.

Egy másik fontos jellemző, hogy az ágensalapú modellekben nem létezik „racionális várakozás”. Logikailag a racionális várakozások hipotézise (azaz adott információ mellett a jövő „objektív” valószínűségeloszlásának az ismerete) nem összeegyeztethetetlen az ágensalapú modellek filozófiájával, ám gyakorlatilag lehetetlen olyan, nem triviális ágensalapú modellt alkotni, amelyben a racionális várakozások hipotézise megvalósítható lenne.

Jóllehet racionális várakozások nincsenek ágensalapú modellekben, ezek a modellek sem zárják ki azt, hogy bizonyos döntések a jövővel kapcsolatos várakozásokon alapuljanak, és azt sem, hogy ezek a várakozások intelligensek legyenek, vagyis hogy a döntéshozók tanuljanak. A tanulási folyamatot igyekeznek azonban a tanulással kapcsolatos pszichológiai tudásunk alapján megfogalmazni, ami kizárja a tökéletességet. Egy ágensalapú modellben a tanulás két válfaját is megkülönböztethetjük. Az egyik fajta (kvantitatív) azt jelenti, hogy, például megpróbáljuk előre jelezni a jövedelmünket vagy a jövőbeli hozamokat. Létezik azonban egyfajta kvalitatív tanulás is, aminek során valakinek a viselkedése minőségileg is változhat. Nyilván a különbség matematikai szempontból viszonylagos: a kvalitatív tanulás is parametrizálható kvantitatív tanulásként. A lényeges megkülönböztetés talán az időtényező figyelembevétele. Míg a kvantitatív tanulás gyorsabb, a kvalitatív tanulás lassabb, és ritkábban van rá mód. Az előbbi fajta tanulás számos ágensalapú közgazdasági modellt jellemez, az utóbbi viszonylag ritkább.

Matematikai szempontból egy ABM általában nagy dimenziószámú, nemlineáris differenciaegyenlet-rendszer, amelynek létezik explicit megoldása, és ez az explicit megoldás az, amit a modell egy szimulációja során bizonyos (természetesen véges) időszakra ki is számolunk. Analitikus állítások csak egyszerű ABM-ek esetében vezethetők le, és ott is inkább csak közelítéseként. Ez a metodológia ugyan relatíve új, illetve ritka a közgazdaságtanban, ám korántsem ismeretlen a természettudományokban vagy az ökológiában.

Döntéshozói racionalitás

A hagyományos (mainstream) közgazdasági szemléletet két olyan tulajdonság jellemzi, amit az utóbbi évtizedekben egyre gyakrabban, és egyre hatásosabban kritizálnak: racionális döntéshozók feltevése és a gazdasági állapotok egyensúlyának keresése. Míg mindkét paradigmának mindig is voltak kritikussai, az általuk ajánlott alternatívákat a közgazdászok nagy része nem tartotta elégségesnek ahhoz, hogy úgy érezzék szükség van paradigma

váltásra. Sőt a közgazdaságtan „imperialista” tudománnyá vált, amelynek módszereit egyre gyakrabban alkalmazták más társadalomtudományok is, amelyek művelői eredetileg ellenségesek voltak a közgazdaságtanra jellemző szemlélet iránt. Ez a helyzet azonban megváltozni látszik, elsősorban a pszichológia, a kognitív tudomány, a mesterséges intelligencia és a számítástudomány egymással összefüggő fejlődése hatására, valamint nem utolsósorban a közgazdaságtan bizonyos fontos kérdésekre való válaszainak hiánya miatt.

A döntéshozók racionalitása a közgazdaságtanban a preferenciák – hitek - korlátok modell alkalmazásával egyenértékű. Eszerint egy döntéshozónak létezik egy preferencia rendezése, rendelkezik bizonyos korrekt valószínűségi hitekekkel a világ állapotairól, és figyelembe véve döntési lehetőségeinek korlátait úgy cselekszik, hogy a lehető legjobb (legpreferáltabb) döntési alternatívát választja. Ennek az elméletnek letisztult matematikai megfogalmazása az 1950-es évek elejére vált általánosan elfogadottá, s lényegében a Wald-féle statisztikai döntéseméleti modell alkalmazásának tekinthető. Jóllehet gyakran a Muth-féle racionális várakozási hipotézissel azonosítják, illetve a racionális várakozások elméletének Lucas-féle változatát tekintik a teljes racionalitási modell legfontosabb megvalósulásának, mind az általános egyensúlyelmélet mind pedig a – közgazdaságtannál szélesebb érvényű – nem-kooperatív játékelmélet is ezt a megközelítést alkalmazta. A megközelítés előnyei a logikai konzisztencia, fegyelmező erő és bizonyos intuitív vonzerő, hiszen úgy érezzük, hogy előrelátóan és céltudatosan cselekszünk, vagy legalábbis „nem lehet mindenkit örökké bolondítani”. Ugyanakkor elég gyorsan megjelentek a megközelítés kritikái, lásd pl. az Allais-paradoxon, majd számos pszichológiai kísérlet bizonyította, hogy a racionális döntéshozói elmélet nem lehet „minden további nélkül” igaz.

Az első elméleti ellencsapás talán a (pszichológus és mesterséges intelligencia kutató) Herbert Simon „korlátozott racionalitás” elmélete, ami azonban kevés (effektív) visszhangot váltott ki annak ellenére, hogy Simon Nobel-díjat is kapott. Ennek folytatása a szintén közgazdasági Nobel díjas Reinhard Selten és a pszichológus Gerd Gigerenzer szerszámosláda elmélete, ami Simon gondolatain alapul. Ezek mindmáig nem fejtettek ki nagy hatást a közgazdaságtanra. Ezzel szemben más pszichológusok kísérletei és megfigyelései nyomán egyre erősebbé vált a meggyőződés, hogy szükség van a teljes racionalitási elmélettel szembeni alternatívára, Kahnemann és Tversky kilátás elmélete (prospect theory) a preferenciák – hitek - korlátok paradigmán belül született, viszont megengedi azt, hogy a döntéshozó hibákat vétsen, és ne objektíven szemlélje a világot. Mindez általában alátámasztást kapott a kísérleti közgazdaságtan és a kísérleti játékelmélet eredményeiből, ahol igyekeznek empirikus megfigyelésekből közvetlenül meghatározni például a hitek kialakulását, nem csupán feltételezni azt, hogy azok korrektek (racionálisak). Kialakult a viselkedési közgazdaságtan, amely ehhez hasonló elméleteket gyárt, és amely egyre inkább elfogadottá válik például a versenypiaci szabályozás gyakorlatában.

Herbert Simon szubsztantíve racionálisnak nevezte azt, amikor meghatározott korlátok mellett valamely célfüggvény optimumát éri el valaki a döntésével. Nyilvánvalóan a hagyományos közgazdasági racionalitás fogalom motiválta ezt a definíciót. Simon, mint pszichológus és kognitív tudós úgy találta, hogy ez a fajta racionalitás nem alkalmas az emberi viselkedés leírására, sem pozitív, sem normatív értelemben. Alternatívaként megalkotta a „korlátozott racionalitás” fogalmát, amivel az emberi viselkedés szükségképpen tökéletlen voltát igyekezett hangsúlyozni. A korlátozott racionalitás azonban nem bizonyult egyértelműen értelmezhető fogalomnak. Simon munkásságának alapjain Gigerenzer és munkatársai

létrehozták az ökológiai racionalitás alternatív fogalmát, ami a döntéshozás egy bizonyos pszichológiai elméletének megfelelő racionalitás fogalom.

Mindamellet a viselkedési közgazdaságtanban is a racionalitás *zsinórmértéke* a szubsztantíve racionális döntéshozó. A viselkedési közgazdaságtan a „standard” elmélet néhány feltevését módosítja, pszichológiailag realiztikusabbá téve a közgazdasági elméleteket. Az empirikus és kísérleti pszichológia eredményei alapján ugyanis széles körben elfogadást nyert az az állítás, hogy a megfigyelt döntések nem elhanyagolható része nem elégíti ki a szubsztantív racionalitás kritériumát. A pszichológiai evidenciát a viselkedési közgazdaságtan részben „furcsa” preferenciákként interpretálja (például időben inkonzisztens preferenciák, veszteség averzió, referencia-függő preferenciák), de gyakran kognitív hibákként (például naivitás a jövőbeli döntéseinket illetően, túlzott önbizalom, valószínűségszámítási hibák, a külvilág téves megítélése). Ennek a szemléletnek kifejeződése az a gondolat, hogy az emberek egy része racionális döntések helyett egyszerű, ám „téves” (biased) döntési szabályokra (heurisztikákra) hagyatkozik, amiknek ugyan lehet előnye az egyszerűség és az alacsony döntéshozási költség, ám valamilyen értelemben torzítanak, mivel a kimenetel mindenképpen „rosszabb”, mint amit egy szubsztantíve racionális döntéshozó tudna elérni.

A viselkedési közgazdaságtan a furcsa preferenciák és a kognitív hibák figyelembe vételére olyan komplex viselkedési mintákat is feltételez, amik nem írhatók le, mint egy feltételes optimalizálási feladat megoldása. A referencia azonban változatlan maradt: az intézményi, információs, fizikai korlátok mellett a világot korrektül megítélő, és konzisztens preferenciákat maximalizáló döntéshozó. Ennek a modellnek egyik lehetséges válfaja, amikor a költségek közé kognitív költségeket is beépítenek.

A viselkedési közgazdaságtan folytonosságot jelent a közgazdaságtanban a hagyományos „mainstream” elmélettel. Szándéka szerint annak általánosítása, és kompatibilis azzal. A fogalmi rendszereket és módszereket kiterjeszti, de nem helyettesíti valami egészen mással. A pszichológiai evidencia azonban másképpen is interpretálható, és vezethet a múlttal való sokkal radikálisabb szakításhoz.

A Gigerenzer által kínált alternatíva a “szerszámoszláda” elmélet. A szerszámoszládjában számos potenciálisan hasznos eszköz van, amelyek egyike sem univerzális, mindegyik jó vagy kevésbé jó bizonyos összefüggésben, és tudnunk kell helyesen választani közülük. Persze a szerszámoszláda tartalma is változik, és az emberi intelligencia egyik fő megjelenési formája az, amikor új eszközökkel gazdagodunk. A racionalitás fogalmát tehát elsősorban ésszerű eszközhasználatként kell értelmeznünk. A viselkedési közgazdaságtan egyik nagy jelentősége a közgazdaságtan szempontjából, hogy a racionalitás tartalmatlan fogalmát – a hétköznapi szóhasználatnak megfelelően – tartalmassá tette. Viszont az adaptív szerszámoszláda elmélet azt állítja, hogy a mai viselkedési közgazdaságtan racionalitás-irracionalitás fogalma nem az egyetlen lehetséges módja a pszichológiai evidencia értelmezésének.

Egyensúly

Az egyensúly fogalma központi jelentőségű a hagyományos közgazdaságtanban, amikor az olyan szituációkat vizsgál, ahol több döntéshozó interakciójáról van szó. Intuitívan egyensúlyinak tekinthetünk egy olyan állapotot, amelyben senkinek nem érdeke vagy nincs módja elmozdulni. Ennek egy jól ismert matematikai megfogalmazása a Cournot-Nash

egyensúly fogalma, de a walras-i (piactisztító) egyensúly is matematikailag ekvivalens a Nash-egyensúllyal. A kereslet-kínálat egyensúlya – kicsit leegyszerűsítve - piactisztulást jelent, vagyis olyan helyzetet, ahol nincs árváltozásra készítő erő, hiszen az „egyensúlyi” árak mellett mindenki igényei kielégülnek. A hagyományos közgazdasági-játékelméleti egyensúly kvázi-dinamikus, ugyan megfogalmazásához nem tartozik explicit dinamikus rendszer, de mögötte megbújik az a gondolat, hogy az egyensúlyi állapotok valamely nem specifikált dinamikus rendszer stacionárius állapotai. Ennek a szemléletnek a nyilvánvaló problémái régóta kihívást jelentenek, és az egyensúlyi modellek „dinamizálásának” kísérlete nem új keletű.

A dinamizálás alapvetően két kimenetelhez vezetett. Azok, akik az egyensúlyi állapotot csak egy folyamat végállapotának tekintették, nem tudták összeegyeztetni ezt a szemléletet a teljes racionalitással. Mások szétválasztották az egyensúly és a stacionárius állapot fogalmát, és minden pillanatban való egyensúlyt tételeztek fel, amely azonban nem stacionárius állapot általában. Ezekben a modellekben is létezik viszont szinte mindig egy olyan kitüntetett egyensúlyi állapot, amely stacionárius állapot is valamilyen értelemben. A modern piaci modellek, amelyek piaci egyensúlyon és racionális döntéshozáson alapuló dinamikus modellek, gyakorlatilag megoldhatatlanok és elemezhetetlenek olyan egyszerűsítő feltevések nélkül, amelyek közül a legnyilvánvalóbb a reprezentatív ágens feltevés. Erre a helyzetre kíséreltek meg megoldást kínálni az ágens-alapú piaci modellek, ahol a modellező feladja a teljes racionalitás feltevését, heterogén döntéshozókat tételez fel, és elfogadja, hogy nem-egyensúlyi árakon is folyik csere. Ehhez új modellezési technikák adaptálására volt szükség. Az ágens-alapú modellezés egy olyan technika, amelyet a számítástudomány fejlődése tett lehetővé, és amely képes nagyon nagy dimenziós nemlineáris dinamikus rendszer (a hangsúly mind a nem-linearitáson mind pedig az állapottér nagy dimenzióján van) leírására és elemzésére. Számos tudományterületen alkalmazzák ezt a technikát, a közgazdaságtanhoz legközelebb ezek közül a menedzsment tudomány áll.

Irodalom:

Ajánlott általános olvasmányok magyar nyelven: Benedek (2005), Kahnemann (2013), Akerlof-Shiller (2011), Vincze (2018).
Angol nyelven: Gigerenzer-Selten (2002), Camerer (2003), Camerer et al. (2004), North-Macal (2007). Tesfatsion (2001) (2006).

3 Jelenségek, amelyek magyarázatra szorulnak

Ebben a fejezetben azokkal a gazdasági jelenségekkel foglalkozunk, amelyek leginkább ellentmondani látszanak a hagyományos közgazdasági elméletnek. Fontos hangsúlyozni azt, hogy általában ezeknek a jelenségeknek vannak a hagyományos elmélet valamilyen kiterjesztésén alapuló magyarázataik is. Itt most szigorúan jelenségekről lesz szó, és nem foglalkozunk ezek magyarázatával.

Kihasználatlan arbitrázslehetőségek

A (közelítő) arbitrázsmentesség gondolata a hagyományos közgazdaságtani gondolkodás egyik sarokköve. Rendkívül alapvető, hiszem független hasznossági függvényekkel vagy a bizonytalanság kezelésével kapcsolatos megfontolásoktól. Ennek ellenére nem-triviális, hosszan fennmaradó arbitrázs lehetőségek meglétéről vannak tapasztalatok. Ezeknek a jelenségeknek hatása van olyan kérdések tanulmányozására, mint a tőkepiacok viselkedése, vagy a megtakarítások racionalitása.

Elsüllyedt költség hiba

A hagyományos közgazdaságtanban a racionális döntéshozás egyik alapvető következménye, hogy elmúlt dolgok nem számítanak, csak amennyiben addicionális információt hordoznak a jövőről. Ennek az elvnek egyik megjelenése az, hogy az elsüllyedt költségek nem hatnak a gazdasági viselkedésre. Ezzel szemben több megfigyelés igazolja azt, hogy ez a valóságban nem teljesül. Nem szívesen adunk el például ingatlant kevesebbért, mint amennyiért megvásároltuk.

Veszteség averzió

A hagyományos közgazdaságtan nem ismeri a „veszteség” és „nyereség” megkülönböztetését. Ezzel szemben, úgy tűnik, máshogy értékeljük ugyanazt az „objektív” kimenetelt, ha azt veszteségként vagy, ha nyereségként fogjuk fel.

Vagyonelemek nem-összemérhetősége (non-fungibility)

A hagyományos közgazdaságtanban a vagyont általában egy mennyiséggel jellemezzük, a döntések – közelítőleg – a teljes vagyontól, azaz az egyes vagyonelemek összegétől, függnek. Ezzel szemben az tapasztalható, hogy a döntések szempontjából a vagyon fajtái és a jövedelem eredete nem közömbös.

Tisztességes ár (bér)

A hagyományos közgazdaságtanban nincs helye a tisztességes ár vagy bér fogalmának. Ezzel szemben úgy tűnik, hogy az emberek tisztességtelen árakat vagy béreket nem fogadnak el, még annak árán is, hogy ez költséges lehet számukra.

Lényegtelen információk hatása a döntésekre

A hagyományos közgazdaságtanban az egyének preferenciái konzisztensek, nem „fordulnak” meg lényegtelen információk hatására. Ezzel szemben a gyakorlatban erre számos példa van.

Például hitelkártyák választásánál egy szimpatikus arc a brosrában több százalékpontot is megér.

Alapértelmezés függőség

A hagyományos közgazdaságtan szerint a döntések függetlenek attól, hogy a döntéshozók milyen sorrendben fontolják meg az alternatívákat, nincs aszimmetria az egyes alternatívák között. Ezzel szemben úgy látszik, hogy a valóságban szívesen választunk „alapértelmezett” döntéseket, amelyeket vagy mások vagy a múlt határoz meg.

Ködösítés és becsaphatóság

A hagyományos közgazdaságtan egyik alapelve a Revelációs Elv, amely alapján soha nem csaphatunk be másokat, legfeljebb informálatlannak tarthatjuk őket. Ezzel szemben úgy tűnik a ködösítés, és mások átverése hosszú távon sikeres vállalati stratégia lehet, amit a verseny sem képes kiiktatni. Bizonyos költségelemeknek a vásárlók nincsenek tudatban .- pl. printerek használati költsége – és a vállalatok ezeket az információkat igyekeznek eltitkolni előlük, nem is sikertelenül.

Rugalmatlanság iránti igény

A hagyományos közgazdaságtan szerint – stratégiai megfontolásokat kivéve – egy optimalizáló döntéshozó mindig preferálja azt, ha a döntési lehetőségei tágabbak. Ezzel szemben a rugalmatlanság iránti igényünk bizonyítottan látszik. Gyakran gondoljuk úgy, hogy saját kezünk „megkötésével” tudjuk csak biztosítani azt, hogy holnap ne hozzunk olyan döntést, amit ma nem tartunk optimálisnak. Ezért hajlandóak vagyunk, például, relatíve alacsony hozamú, illikvid beruházásokat tenni.

A jelen „túlértékelése”

A hagyományos közgazdaságtan szerint előrelátók vagyunk, és jól meg tudjuk ítélni jövőbeli tetteinket. Ezzel szemben számos tény létszik bizonyítani azt, hogy a jelennek túlságosan nagy értéket tulajdonítunk, és a jövőbelátásunk meglehetősen korlátozott magunkat illetően is. A hitelkártyák használatánál például sokan sokat takaríthatnának meg, ha nem követnének el ilyen típusú hibákat.

Egyre több olyan gazdasági pszichológiai kísérlet létezik, amelyek eredményei alátámasztják azt, hogy szükséges a hagyományos paradigma meghaladása, és amelyekből bizonyos következtetéseket vonhatunk le arról, hogy milyen irányban kell gondolkodnunk. Igaz viszont, hogy a kísérleti eredményeket sokféle módon lehet kritizálni, és értelmezésük nem mindig egyértelmű. Az alábbiakban a közgazdaságtani szempontból legfontosabb kísérleti eredményeket tekintjük át.

Számos kísérlet igazolta már évtizedek óta, hogy nem-stratégiai helyzetekben a döntéshozók nem tartják be a hagyományos racionalitási normákat.

Irracionalitás a bizonytalanság kezelésében

Bizonytalan helyzetekben való nem-racionális döntésekre az egyik legelső példa az úgynevezett Allais-paradoxon. Vannak, akik az Allais-paradoxont nem tekintik a racionalitás elleni példának, de olyan a hagyományos elmélet kialakításában fontos szerepet játszó kutatók, mint például Savage, igen. A hagyományos elmélet szigorúan valószínűségszámítási alapon nyugvó, bayesiánus felfogásának nyilvánvalóan ellentmondanak azok a kísérletek, amelyek alapján azt mondhatjuk, hogy az emberek ösztönösen különbséget tesznek az

úgynevezett Knight-féle bizonytalanság és a kockázat között. Több kísérlet bizonyítja, hogy döntéseinkben nem tudjuk érvényesíteni a valószínűségszámítás szabályait (a „kis számok törvénye” jelenség például). A racionalitás ezen megsértéseire nem-kísérleti módszerekkel gyakorlatilag lehetetlen bizonyítékokat találni.

Jelen-felé hajló preferenciák

Ennek a jelenségnek vannak közvetve megfigyelhető megjelenései nem laboratóriumi döntésekben is. Viszont laboratóriumi körülmények között a jelenséget részletesen, és elemeire bontva lehetett vizsgálni. Ez lehetővé tette, hogy számos hatást különböztessenek meg (késleltetési, mérték, előjel, csökkenő szenzitivitás stb.). Ezek a megkülönböztetések lehetővé teszik azt, hogy a magyarázó elméletek kialakításánál támpontjaink legyenek arról, hogy mik az elfogadható elméletek.

A múlt befolyása

Az idevonatkozó klasszikus kísérletek (endowment effect) bebizonyították azt, hogy múltbeli, a jelen és jövő szempontjából „racionálisan nézve”, irreleváns eseményeknek hatása van a döntéseinkre. További kísérletek részletezték a múltban kialakított referenciáktól való függőségünket, amibe beleértendő az is, hogy mit interpretálunk veszteségnek, amire másképp reagálunk, mint a nyereségre. Az elsüllyedt költségek nem-racionális fontosságára is határozottabb bizonyítékokkal rendelkezünk a kísérletek alapján, mint az életből vett megfigyelésekből.

Preferenciák megfordulása

Ez a jelenség, vagy ha úgy tetszik a preferenciák nem-tranzitivitása, sohasem derülhet ki valóságos megfigyelésekből teljesen egyértelműen, mivel ott a ceteris paribus feltételek sohasem teljesülnek. Kísérletek azonban, amennyire lehet, világosan bizonyítják sok döntésünk inkonzisztenciáját.

Framing

Az egyik legrégebbi kísérleti eredmények arra utalnak, hogy a problémák tálalásának módja is hat a döntésekre, ami által könnyen manipulálhatóvá válunk. Ugyanakkor a kísérletek azt is bizonyítják, hogy magunk is aktívan tálaljuk (reprezentáljuk) a döntési szituációkat, és ezek a reprezentációk nem feltétlenül a leghatékonyabbak.

A játékelméleti kísérletek viszonylag újabb keletűek. Ezek a racionalitási hipotézis mellett az egyensúlyi hipotézist is kétségbe vonják gyakran.

A szépségverseny kísérletek

Ezeket a kísérleteket Keynes azon meglátása inspirálta, amely szerint a tőkepiacok úgy működnek, mint azok a vetélkedők, amikor az nyer, aki kitalálja, hogy kire szavaznak mások egy szépségversenyen. A kísérletek világosan bizonyítják, hogy legalábbis nem bízunk egymás racionalitásában, ami a teljes racionalitáson és a mások teljes racionalitásának hitén alapuló egyensúlyi koncepciókat (pl. a Nash-egyensúly) késél természetűvé teszik. Értéktelen dolgoknak is tulajdoníthatunk kollektíve értéket.

Ultimátum és diktátor játékok

Ezekben a játékelméleti kísérletekben az látszik igazolódni, hogy nem vagyunk szigorúan önérdék követők. Kérdés, hogy ez ellentmond-e a klasszikus racionalitás felfogásnak. A legtöbb osztályozás szerint igen, de jó érvek szólnak amellett, hogy csak annak egy szűkebb

változatának. A kísérletek igazolják, hogy képesek vagyunk „önzetlenül” adni másoknak, kompenzáció reménye nélkül is, de ugyanakkor hajlamosak vagyunk büntetni mások nem-tisztes viselkedését még akkor is, ha ez a büntetés nekünk is fáj.

Kooperációs játékok

A kooperáció racionalitása nemcsak a közgazdászoknak, hanem például a biológusoknak is fejlődést okoz régóta. A játékelméleti kísérletek azt látszanak bizonyítani, hogy nem feltétlenül tökéletesen racionális alapokon állva kooperálunk egymással.

Belépési játékok, koordináció

Itt azt a kérdést feszegetik, hogy mi tesz lehetővé jobb vagy rosszabb koordinációt, amikor a koordinált viselkedés elvben mindenkinek haszonnal járna. A játékelmélet ilyenkor több egyensúlyt talál, és a kérdés az, hogy hogyan választanak ezek közül a döntéshozók, vagy hogy egyáltalán ezek közül választanak-e. Kísérletekben gyakran találunk olyan szituációkat, ahol a kísérleti alanyok viselkedése „nem egyensúlyi”.

Irodalom

Kahnemann-Tversky (1979), Koltay-Vincze (2009), Camerer (2003), Camerer et al. (2004), Laibson et al. (2001), Vincze (2018).

4 Viselkedési közgazdaságtan és a szerszámoszláda elmélet

Ebben a részben a viselkedési közgazdaságtan elméleteiről lesz szó. A viselkedési közgazdaságtan megtartja a hagyományos elméletből azt, hogy az egyes döntéshozók valamilyen függvényt maximálnak, figyelembe véve döntéseik érzékelt korlátait, és figyelembe véve a jövőről alkotott valószínűségi eloszlásokként megfogalmazott hiteiket, valamint, hogy a cselekvések együttese valamilyen értelemben egyensúlyban kell legyen. Ugyanakkor a hagyományos racionalitástól való eltérések sokfélék, ezért teljesen általános viselkedési közgazdaságtani elmélet nem létezik. Léteznek olyan elméletek, amelyeket általánosabb hatókörrel bírnak, és olyanok, amelyeket egyes konkrét problémák megoldására találtak ki.

Nem-exponenciális diszkontálás

Az elméletek egy jelentős része a megfigyelések és kísérletek azon részét igyekszik magyarázni, amelyek arra utalnak, hogy túlságosan rövid távon gondolkodunk, illetve preferenciáink aránytalanul nagy súlyt adnak a jelennek. Ez a jelenség mindenképpen valamilyen furcsasághoz vezet, amit gyakran dinamikus inkonzisztenciának nevezünk. Lényegében arról van szó, különböző időpontbeli énjeink konfliktusba kerülnek egymással, és ki-ki másként oldja meg ezt helyzetet, de tökéletesen „költségmentes” megoldás általában nem létezik. Az idetartozó különböző elméletek a klasszikus elmélet exponenciális diszkontfüggvényét „manipulálják” (pl. hiperbolikus vagy kvázi-hiperbolikus diszkontálás), megpróbálják kitalálni azt, hogy hogyan értékeljük relatíve a jelent a jövő különböző időpontjaihoz képest, és hogyan kezeljük az önmagunkkal való konfliktusokat.

Referencia-függőség

Más elméletek az empirikus megfigyeléseknek azt a részét veszik célba, ami arra utal, hogy vannak kitüntetett referencia állapotok, amelyek a preferenciáinkat befolyásolják. Ide tartozik Kahnemann és Tversky ma más klasszikus kilátás (prospect) elmélete, ami elsősorban a veszteség averzióval kapcsolatos jelenségeket igyekezett magyarázni. Vannak azonban újabb

elméletek is, amelyeknél a referenciák endogén módon alakulnak, és részben a jelen felé hajló preferenciák magyarázatára is szolgálnak. Itt is megjelenik a „belső” konfliktus kérdése, ami szükségessé teszi az egyéni egyensúly („personal equilibrium”) definícióját, lényegében a klasszikus gondolkodás folyamányaként.

Több-én

Az egyéni inkonzisztenciák reprezentálására általában törekvő elméletek azok, amelyeket a „többes személyiség” kategóriába sorolhatunk. Ezek legegyszerűbb változatai azok, amik felteszik, hogy az egyén vagy hidegvérrel (racionálisan) vagy forróvérűn hoz döntéseket. Mivel ugyanarról az egyénről van szó, érthető, hogy ezt a konfliktust is figyelembe véve hozunk döntéseket, vagyis a hideg fejjel való döntéseimnél figyelembe kell vennem azt, hogy tudom nem mindig leszek képes józanul választani. Itt is van tehát egy „belső egyensúlyi” probléma.

Figyelem, fókuszálás, egyszerűsítés

Az elméletek egy másik csoportja a megfigyelések közül azokra koncentrál, amelyek arra utalnak, hogy a hagyományos közgazdaságtan által a gazdasági döntéshozóknak tulajdonított problémák túlságosan nehezek ahhoz, hogy elvárhassuk hús-vér emberektől azok hibátlan megoldását. Bizonyos megközelítések abból indulnak ki, hogy a figyelem is szűkös erőforrás, aminek kiaknázását is optimalnunk kell. Másoknál számítási kapacitásaink korlátozottak, ezért be kell érünk közelítő megoldásokkal, kérdés, hogy milyen feltevésekkel élünk arról, hogy hogyan „közelítünk” (egyszerűsítünk). Egy újabb megközelítés szerint a fókuszálás már a preferenciáinkban is megjelenik.

Társadalmi preferenciák

Nagy hatású elméletek születtek arról, hogy hogyan lehet úgynevezett társadalmi preferenciák feltételezésével magyarázni azokat az altruisztikus jelenségeket, amelyeket elsősorban játékelméleti kísérletek mutattak ki.

Korlátozott racionalitás és heurisztikus szerszámoszláda elmélet

Elsősorban Kahnemann és Tversky nyomán terjedt el a közgazdászok között az a gondolat, hogy a nem-tökéletesen racionális döntéshozás egyik jellemzője az, hogy optimális döntési szabályok helyett egyszerű és torzított heurisztikák alapján választunk. Az előzőekben vizsgált viselkedési közgazdaságtan aztán igyekezett ezeket döntési szabályokat újra „maximalizáló” viselkedés eredőjeként leírni, ahol azonban a döntéshozó képe pszichológiailag megalapozott, ellentétben a hagyományos közgazdaságtan emberképével. A már említett másik pszichológiai megközelítés azonban mintegy a heurisztikákat tekinti alapfogalomnak, és kerül a maximalizáló modelleket. Itt most azt vizsgáljuk meg, hogy mi ez a megközelítés általában, és miben különbözik ez az előző héten tárgyalt megközelítéstől.

Az adaptív szerszámoszláda elméletnek egy olyan ember felel meg, akinek eleve nincsenek (nem lehetnek) konzisztens preferenciái, és aki a világot nem értheti meg objektíve. Ugyanis a világról való tudásunknak különböző reprezentációi léteznek, és egyik sem objektívabb, mint a másik, habár bizonyos körülmények között egyesek lehetnek sikeresebbek másoknál. Az adaptív szerszámoszláda döntéshozója időben változó célokat igyekszik megvalósítani (a célmeghatározás maga is része a viselkedésnek, vagy ha úgy tetszik a „preferenciák” endogének és nem állandók), igazodva a változó világhoz. Az adaptáció lehet sikeres és

sikertelen, tehát nem feltétlenül racionális mindenki, és a siker vagy kudarc jelentős mértékben a környezet függvénye.

A viselkedési gazdaságtani és az adaptív szerszámoszláda megközelítések közti alapvető különbség a döntéshozásban jelenlevő bizonytalanság kétfajta felfogásán alapul. A viselkedési közgazdaságtan (a hagyományos közgazdaságtan utódaként) alapvetően kvantifikálható, a valószínűségi számítás fogalmaival kifejezhető bizonytalanságban gondolkodik. A hagyományos közgazdaságtan azt az álláspontot fogadta el, hogy minden bizonytalanság végső soron „risk”-nek tekinthető.

A viselkedési gazdaságtan sem adta fel azt a gondolatot, hogy a döntéshozás környezete leírható kvantitatív módon, csak annyival haladta meg a racionális várakozások elméletét, hogy nem tételezi fel azt, hogy a döntéshozók tévedhetetlenül képesek felismerni a kvantifikálható kockázatot, illetve, hogy képesek matematikailag és logikailag helyesen érvelni róla. A szerszámoszláda elmélet hívei, akik itt alapvetően Herbert Simon nyomdokain haladnak, nézete ettől radikálisan különbözik. Ők a döntéshozók környezetét az „igazi bizonytalanság” (uncertainty) értelmében fogják fel, úgy látják általában nem használjuk a valószínűségi számítás és a logika eszközeit döntéseinkben, és nemcsak azért, mert nem vagyunk képesek erre, hanem azért sem, mert ez nem is lenne ésszerű. Az igazi bizonytalanság szerintük alapvetően kvantifikálhatatlan (nem mérhető), de ez nem jelent teljes nem-tudást, a cselekvéseink lehetnek nem-véletlenül sikeresek bizonyos célok elérése szempontjából, akkor is, ha nem tudunk valószínűségeket rendelni a cselekvéseink kimeneteleihez.

A kutatási program identifikál olyan egyszerű heurisztikát, amelyekről empirikusan bizonyítható, hogy meghatározott környezetben ökológiailag racionálisnak bizonyulnak. Ezek mind olyanok, amelyek a viselkedési gazdaságtanban alkalmazott zsinórmérték szerint nem racionálisak, mivel valamennyien spórolnak az információval, azaz releváns információ felhasználásától eltekintenek a döntéshozás során. Ezek közé tartozik például az úgynevezett felismerési heurisztika, amikor azokra fogadunk a választási lehetőségeink közül, akiket egyáltalán, vagy leggyorsabban, felismerünk. Közgazdasági szempontból érdekes alkalmazás, hogy amennyiben amerikaiakat és németeket arról kérdezték, hogy mely vállalatokat ismerik egyáltalán a tőzsdei vállalatok közül, akkor kiderült, hogy amennyiben egy olyan portfóliót állítanának össze, amely ezeket a vállalatokat tartalmazza, akkor nemcsak annál érnének el szignifikánsan magasabb hozamot, amit egy teljesen véletlen portfólióval keresnének, hanem annál is, amit képzett alapkezelők érnek el a valóságban.

Gigerenzer kutatási programja az egyszerű heurisztikák tanulmányozására azt kívánta bizonyítani, hogy ezek nem „alacsonyabb rendűek” eredményesség szempontjából sem, nemcsak alacsony költségűek. A kutatási program igyekezett azonosítani olyan körülményeket, amelyek fennállása esetén ezek jobban teljesítenek, mint bonyolult, adott esetben matematikailag levezetett, döntési szabályok. A fő következtetése ennek a kutatási programnak az, hogy ezek a helyzetek éppen azok, amelyeknél azt érezzük, hogy kvantifikálhatatlan bizonytalanság áll fenn. Feltehetjük magunknak a kérdést, hogy amikor a vagyonunkat felosztjuk különböző megtakarítási formák között, akkor a bizonytalanság kvantifikálható vagy sem? A hagyományos elmélet szerint igen, a viselkedési gazdaságtan szerint is igen, csak legfeljebb sokan rosszul csináljuk a kvantifikációt. Gigerenzer feltevése azonban az, hogy nem, amiből jól látszik, hogy itt valójában alapvetően inkompatibilis elméletekről van szó.

Fontos látni, hogy a kvantifikálhatatlan bizonytalanság hat a preferenciákra is, ha azokat nem tekintjük időben változtathatatlan konstansnak. Az adaptív szerszámosláda elmélet nem tagadja, hogy vannak céljaink, és ezeket igyekszünk elérni. Azonban a céljaink is lehetnek hibásak abban az értelemben, hogy egy adott környezetben nem biztos, hogy hozzájárulnak túlélésünkhöz, illetve maguknak a céloknak a továbbéléséhez, ami maga is egy társadalmi folyamat. Egalitáriánus törzsi társadalmakban egy vagyon (profit) maximáló személy könnyen szemben találhatja magát környezetével, és meggazdagodás helyett a másvilágra jut. A célok is lehetnek tehát racionálisak a túlélés szempontjából. Nem beszélve arról, hogy mint Herbert Simon hangsúlyozza, az emberi intelligencia egyik része a célok meghatározása, azaz bizonyos jól definiált részcélok meghatározása olyankor, amikor a globális cél rosszul definiált.

A baseball játékos példa

Gerd Gigerenzer egy érzékletes történettel illusztrálja, hogy miért nem feltétlenül irracionálisak látszólag buta viselkedések. Egy baseball edző rájött arra, hogy sok kellemetlenség származik abból, hogy a játékosok, amikor magas labdákat igyekeznek elkapni, szemüket a labdára szegezve futnak, gyakran hátrafelé. Hátrafelé futni lassabban tudnak, és gyakran ki vannak téve annak, hogy nekimennek valaminek, átesnek a korláton stb. Játékosait arra biztatta, hogy ne a labdán tartsák a szemüket, forduljanak meg és a lehető leggyorsabban fussanak a labda földet érési helyére. A játékosok megpróbálták eleget tenni az edző kérésének, de az eredmény katasztrofális lett. Általában nem oda jött a labda, ahova futottak. A gyakorlás sem segített, kiderült, hogy az ember fiziológiailag képtelen végrehajtani ezt a feladatot kielégítően. A kutatók pontosan leírták a labdaelkapási heurisztikákat. Az egyik legegyszerűbb heurisztika, amit magas labdáknál alkalmazunk az, hogy úgy mozgunk, hogy megtartjuk a szöveget a szemünk, a labda és a talaj között. Ez a heurisztika persze nem tökéletes. Ha a pályán árkok lennének, akkor bizonyára olyan rosszul működne, így teljesen fel kellene adni. Más heurisztikák is vannak, és ezek közül (tökéletlenül) választanak a játékosok.

A példa tanulságai

A heurisztikák néha nagyon precízen leírhatók. Több van belőlük, amelyek közül választunk, úgy, mint amikor egy szerszámos ládából kivesszük az adott problémához legjobban megfelelő eszközt. A heurisztikát alkalmazó – gyakran sikeres - játékos tényszerűen bizonyíthatóan nem úgy tesz, „mintha optimálisan választana fizikai törvények figyelembevételével”. Ennek egyik bizonyítéka, hogy mindig mozgás közben kapja el a labdát. A heurisztikák nem irracionálisak, hanem „ökológiailag racionálisak”, az adott körülmények között ésszerűek, a „legjobb” döntés nem is értelmezhető a legtöbb döntési problémánál. A heurisztikák evolúciósan kialakult képességeinken alapulnak (ugyanaz a „szem” heurisztika megfigyelhető más fajoknál is).

Összehasonlítás a két elmélet között

A heurisztikák precíz, matematikailag is leírható döntési szabályok a szerszámos láda elméletben. A heurisztikák közti választás, és a szerszámos láda tartalmának változása maga is fontos része az elméletnek. Levezethetők olyan predikciók, amik az „úgy, mintha” elméletekből nem, vagyis nem pusztán arról van szó, hogy a heurisztika elmélet átfogalmazható lenne maximalizációs elméletté. A viselkedési közgazdaságtan „bökdöső” jóléti elméletével szemben a szerszámos láda elméletben mód van a viselkedés javítására (debiasing) is, de korlátozottan.

Közgazdaságtan és szerszámos láda elmélet

Mi az oka annak, hogy a közgazdászok eddig sokkal inkább a viselkedési közgazdaságtani megközelítést preferálták? A szerszámos láda elméletnek kevés kimondottan közgazdasági alkalmazása volt. Az egyik talán az, hogy más technikákat igényel, mint a megszokott elméletek. Lényegében az ágens-alapú modellek valójában a szerszámos láda elmélet alapján épülnek fel, csak eddig jóval kevésbé alaposak voltak a pszichológiai megalapozásban, mint a viselkedési közgazdaságtani megközelítések.

Heurisztikák

Az alábbiakban sorra vesszük azokat a heurisztikákat, amelyek pszichológusok „identifikáltak”, és amelyek gazdasági döntésekben relevánsak lehetnek. Ezeket többféleképpen is csoportosítjuk. Megvitatjuk, hogy milyen összefüggésekben lehet számítani az alkalmazásukra, vagyis mit tudunk az úgynevezett „ökológiai racionalitásukról”.

Matematikusok és mesterséges intelligencia kutatók a heurisztika terminust „arra szolgál, hogy felfedezzen” értelemben használták, de a pszichológiában és a közgazdaságtanban a racionálistól eltérő egyszerű döntési szabály (néha hüvelykujjszabály) értelmezése lett uralkodó. A szerszámos láda elméletben a heurisztika jelentése: olyan takarékos döntési szabály, amely nem használ fel minden információt, de ezt a gyors és pontos döntéshozás kedvéért teszi. Az elmélet egyik fontos eleme az, hogy az egyszerűség, az információk egy részének figyelmen kívül hagyása, a „kevesebb többet ér” hatások érvényesülnek.

A heurisztikák hatékonysága szempontjából nagyon fontos a „kis” és „nagy” világok megkülönböztetése, vagy egy régebbi megfogalmazásban a jól és rosszul definiált problémák közti különbség. Az elmélet lapgondolata, hogy valójában a döntési problémák túlnyomó része rosszul definiált, amelyekben az optimális megoldás fogalma sem értelmezhető, csak többé-kevésbé kielégítő döntéseket tudunk hozni. A heurisztikák racionalitása nem formális, hanem ökológiai, attól függ, hogy bizonyos helyzetben, környezetben sikeresen alkalmazhatók-e. A heurisztikus döntések biológiailag kifejlődött tulajdonságainkon alapulnak, mint a felismerési memória, az utánzás, objektumok követése, vagy a gyakoriságok becslésére való képesség. A heurisztikák általában építőkövekre bonthatók, ilyenek a keresési, megállási, döntési blokkok.

A pszichológiában megkülönböztetik a következtetési és preferenciális döntéseket, de azt gondolják, hogy ezek ugyanazonok a kognitív mechanizmusokon alapulnak. A hagyományos közgazdaságtanban a következtetések és a preferenciális döntések is lényegében logikai-matematikai műveletek. Mivel a preferenciális döntések eredményességét nehéz megfigyelni közvetlenül, a pszichológiai példák főleg következtetési döntésekre vonatkoznak.

Felismerési heurisztikák

Válaszd a könnyebben felismerhető alternatívát! Befektetési és fogyasztói döntés példák is vannak ennek az alkalmazására.

Válaszd a legjobbat heurisztika

Válaszd ki a legfontosabb ismérvet, amiben az alternatívák potenciálisan különböznek. Válaszd azt az alternatívát, ami eszerint a legjobb. Ha nem tudsz ennek alapján dönteni, akkor tekintsd a második legfontosabb ismérvet, és így tovább ... Fogyasztói döntéseknél tapasztalták ennek alkalmazását gazdasági döntésekben.

Számlálás

Bináris választásánál számold össze az egyik és másik mellett szóló érveket, és válaszd azt, ami több esetben tűnik jobbnak.

Az 1/N heurisztika

Erőforrásaidat oszd el egyenlően a lehetséges alternatívák között! Befektetési döntéseknél maga a Nobel-díjas pénzügyi közgazdász Markowitz is ezt alkalmazta.

Alapértelmezés heurisztika

Válaszd azt, amire nem kell sem időt, sem energiát fordítani!

Utánzási heurisztikák

Ennek a heurisztikának több változata is van. Válaszd azt, amit sikeres ismerőseid csinálnak! Válaszd, amit az általad ismert emberek átlaga választ!

Szemet szemért

Ez a stratégiai döntéseknél ismert heurisztika. Légy kooperatív, de ha mások nem azok, akkor add ezt nekik vissza, és csak akkor legyél ismét barátságos, ha bebizonyítják, hogy ők is azok!

Státusz heurisztika

Nem menj bele olyan kimenetelbe, ami számodra kevesebbet ad, mint a partnerednek!

Irodalom:

A fejezet nagy mértékben Vincze (2018) alapján készült. További számos hivatkozás található ott.

Bernheim-Rangel (2004), Camerer et al. (2004), Gigerenzer (2007), Gigerenzer-Selten (202), Gigerenzer-Gaissmaier (2011), Hartwig-Herzog (2009).

Laibson (1998), Kahneman-Tversky (1979), Fehr-Schmidt (1999), LeBaron (2006), Smith-Tasnádi (2007), Köszegi-Rabin (2006), Köszegi-Szeidl (2013).

5 Közgazdasági alkalmazások

A következőkben bizonyos konkrét közgazdasági problémákon keresztül részletezzük a pszichológiai megfontolások hatását.

Fogyasztói hitelek

A fogyasztói célú hitelezés története több évezredes. Hagyományosan a hitelek rövidtávú uzsorahitelek voltak, és sok társadalmi konfliktus forrását képezték, mindmáig a piac egy része illegális. A „civilizált” és szigorúan jogi keretek közötti fogyasztói hitelezés az Egyesült Államokban a 20. század elején kezdődött, amikor nagyobb bankok is elkezdtek foglalkozni ezzel az üzletággal. A 30-as években a Roosevelttel kormány fogyasztás ösztönző politikája keretében állami támogatást is kapott a piac. Az 1990-es évekre vált általánosan elterjedté a modern hitelképesség elbírálási módszereken (*credit score*) alapuló hitelezési gyakorlat. Ma mintegy 75000 intézmény nyújt valamilyen fogyasztói hitelt, tehát a kínálat oldali verseny jelentősnek tűnik. A fennálló hitelállományban 2004-ben a hosszabb távú lakás-jelzáloghitelek mintegy 400 milliárd dollárt tettek ki (ezekkel a lakáspiac kapcsán fogunk foglalkozni). 1300 milliárd dollárral részesedtek a klasszikus vásárlói hitelek (autóvásárlás, általában háztartási eszközök, oktatás), és mintegy 800 milliárd dollárral a hitelkártya hitelek. A viselkedési közgazdaságtan különösen ez utóbbiakat tanulmányozta.

A háztartások mintegy 75 %-ának volt hitelkártyája az USA-ban 2004-ben, és az átlagos kamat a hitelkártya adósságon 12,4 %/év volt, ami jelentősen alacsonyabb az illegális hitelezőknél felvehető hitelek kamatánál. Az első hitelkártyák az 50-es években jelentek meg, és eredeti funkciójuk a fizetések megkönnyítése volt, rövidtávú hitelezési szerepük kevésbé volt jelentős. Jellemző, hogy az alternatív fizetésre alkalmas kártyák (*debit cards*) csak 1976-tól kerültek bevezetésre, innentől datálható talán az, hogy mikor vált a hitelkártyák hitelezési funkciója is lényegessé. Ma a vásárlások mintegy 20 %-ban használnak hitelkártyát, ami kényelmes és biztonságos fizetési eszköz.

A hitelkártya tehát a fogyasztók jólétét előmozdító intézménynek tűnik, de sokan mégis „bűnös” eszköznek tartják. Ennek egyik magyarázata az, hogy a nagy változatosságot mutató kártya szerződési feltételek között tipikusak az olyan jellemzők, mint a bevezető kedvezményes kamatok (*teaser rates*), az éves kártyahasználati díjak (tehát fix költségek) elengedése, illetve a jutalmak, amelyeket a kártyát nagymértékben használóknak kínálnak. Ezek sokakat arra készítetnek, hogy azt gondolják, itt egy a fogyasztók irracionalitását kiaknázó üzletágról van szó.

A hitelkártya adósság egyenlegek az USA-ban meglepően nagyok, ami azt jelenti, hogy sok hitelt vesznek fel olyan magas költséggel, ami a szokásos pénzügyi kamatoknál lényegesen magasabb. Sokak számára ez a tény már önmagában is valamilyen irracionalitás jele. Az amerikai háztartások portfóliójában nagymértékben jelenlevő magas kamatozású hitelkártya adósság, és az ugyanakkor létező hosszú távú illikvid követelések (például nyugdíj előtakarékossági számlák) együttes léte jól magyarázható azzal, hogy a preferenciákat valamilyenfajta nem-exponenciális (hiperbolikus) diszkontálás jellemzi. (A hosszú távú illikvid befektetésekről lásd később.) Továbbá ökonometriai elemzésükben azt találták, hogy

szerepet kell játszania a naivitásnak is, vagyis annak a tulajdonságnak, hogy a háztartások nem látják előre későbbi preferenciáikat, többet költenek ténylegesen, mint amennyire számítanak. A modell szerint ezek híján nem a háztartások 60 %, hanem csak mindössze 20 % használna hitelkártya hitelt. (A hitelkártyát természetesen lehet használni kamatmentesen is, ha időben rendezik az egyenleget.).

Ugyanakkor a hitelkártya szerződések egyes konkrét sajátosságai arra utalnak, hogy „kognitív hibák” is fellelhetők a hitelkártya igényléssel és annak használatával kapcsolatban. Számos konkrét empirikus vizsgálat igyekezett kimutatni a hitelkártya felvétel és használat során megjelenő fogyasztói hibákat. Érdekes és jellemző módon a kutatásokat nagymértékben segítették a kártyákat kibocsátó intézmények is. Ezek ugyanis az új termékeik bevezetését gyakran „éles” kísérletekkel alapozzák meg. Potenciális ügyfeleknek bizonyos véletlenszerűen szóró ajánlatokat tesznek (tehát több lehetséges hitelkártya ajánlathoz véletlenszerűen rendelnek hozzá ügyfelet), és az ajánlatok elfogadása alapján statisztikai elemzéssel igyekeznek a legkifizetődőbb új hitelkártya terméket bevezetni.

Egy tanulmányban mikroadatok alapján azt találták, hogy a hitelkártyákat igénylők rendszeresen alábecslik későbbi egyenlegüket, ami azt is jelenti, hogy túlreagálják az úgynevezett bevezető feltételeket. Vagyis, ha a kezdeti periódusban nagyon alacsony kamatot kínálnak, akkor hajlamosabbak hitelkártya szerződést kötni, de aztán a „kegyelmi” periódus letelése utáni magasabb kamatok mellett sokat fizetnek. (Természetesen a piacon megélő szerződések olyanok, hogy a kezdeti periódus kedvezőbb feltételeit, a normál időszakra vonatkozó kedvezőtlenebb feltételekkel kompenzálják.) Kontraszelekciót is megállapított, vagyis minél inkább hajlamos valaki „bedőlni” a kedvező kezdeti feltételeknek (alacsonyabb kezdeti kamat vagy hosszabb bevezető periódus), annál inkább hajlamos nagyobb hitelállományt tartani. Ezen kívül azok, akik reagálnak az ajánlatokra lényegesen kockázatosabbak hitelezési szempontból, mint azok, akik nem. (Ez utóbbi persze nem mond ellent a racionalitásnak.) Az összességében hosszú távon a kártyatulajdonos szempontjából kedvezőtlenebb feltételeket elfogadó egyének a hitelnyújtó szempontjából is nagyobb kockázatúnak tekinthető hitelfelvevői csoportot alkotnak.

Egy Dél-Afrikában végzett kísérlet eredményeiről számolnak be, amelyben szintén véletlenszerűen tettek ajánlatot hitelfeltételekről nagyszámú embernek. Az ajánlatok részben az objektív feltételekben, részben pedig objektíve irreleváns, ám vélhetőleg pszichológiailag releváns megfogalmazásokban különböztek (fényképek csatolása az ajánlathoz, az ajánlatok prezentálásában szövegezési különbségek). A kutatók azt találták, hogy az irreleváns részletek szignifikáns hatással vannak, mégpedig különösen a legkedvezőtlenebb ajánlatok elfogadására. Akár 1-4 százalékos kamatnövelést is megengedhet magának az, aki pozitív pszichológiai jellemvonásokkal tölti meg az ajánlatát. Ugyanakkor ezek a hatások erősen kontextus függőek, és nehezen előre jelezhetőek. Ebben a tanulmányban nem találtak kontraszelekcióra utaló jeleket, viszont igaz az is, hogy itt az ajánlatokkal megcélzott ügyfélkör tapasztalt régi ügyfelekből állt.

A rövidtávú fogyasztói hitelek piacán tehát a problematikus jelenségek okaiként leggyakrabban a nem-exponenciális diszkontálást, a naivitást, illetve a túlzott önbizalmat szokás megemlíteni, illetve az olyan kognitív hibákat, mint a matematikai és pénzügyi számítások elvégzésére való képtelenség, illetve a döntési helyzet objektív megfogalmazásának hibáit. Az áttekintett cikkek elég egyértelmű bizonyítékokkal szolgáltak az utóbbi kognitív hibák meglétére, nehéz elhinni, hogy ezek ne lennének nagy súllyal jelen

az ügyfelek döntéseiben. A hiperbolikus diszkontálás, naivitás, túlzott önbizalom kérdésében a bizonyítékok inkább közvetettek, a viselkedés jellemzésére ezeknek a hipotéziseknek az együttese, úgy tűnik, alkalmasabb, mint az exponenciális diszkontálás és a teljes racionalitás feltevése. (Mint említettük a nem-exponenciális diszkontálás önmagában nem tekinthető irracionálisnak, pusztán kényessé teszi az egyének helyzetét.) Néhány kivételtől eltekintve az eredmények egy irányba mutatnak, de a naivitás kérdésében óvatosnak kell lennünk, nem világos, hogy mekkora részét is érinti a probléma a társadalomnak, az ökonometriai elemzések mindig ellenőrizhetetlen feltevéseket is tartalmaznak. Az is világosnak tűnik, hogy a kognitív hibákat a vállalatok ki tudják használni, ki is használják ezeket, sőt nem látszik nyoma annak, hogy tendencia lenne a kognitív hibák verseny általi eltüntetésére. A naivitás-önbizalom-hiperbolikus diszkontálás kihasználása is nyilvánvalóan lehetséges, hiszen minden típusú fogyasztónak, a nem teljesen racionálisnak is, tehető ajánlatok. A verseny enyhítő hatású lehet, amennyiben a piac módot ad arra, hogy, aki akarja, elkötelezhesse magát, ha racionálisan nem bízik későbbi költési hajlandóságában.

A piaci versenybe való állami beavatkozást pártolók javasoltak már kamatplafont, vagy bizonyos szerződéses feltételek (például jutalom nagy használat esetén a hitelkártyáknál) megtiltását. Ezekkel az intézkedésekkel kapcsolatban azonban felmerül, hogy mellékhatásuk lehet az, hogy a kriminalizálódás irányába tolják el a fogyasztói hitelpiacot. Másrészt a termékdiverzifikálás szabályozása nagyon nehéz, a termékek más most is diverzifikáltak, és semmi okunk feltételezni, hogy a tiltásokra nem újabb diverzifikációs törekvéssel válaszolnának, amely más módon „csábít”. A diverzifikáció lehetősége azt is jelenti, hogy „tökéletes” verseny nem alakulhat ki ezen a piacon. A diverzifikáció tiltása viszont a fejlődés és a fogyasztói jólét akadálya lehet. Leginkább az információs kötelezettség szabályozása marad, mint reális szabályozási eszköz, de úgy tűnik, hogy ez sem volt teljesen hatékony. További kutatás tárgya kell legyen, hogy milyen módon kell az információ adást megfelelően szabályozni. Egy lehetőség például a túl nagy eladósodás veszélyére ugyanúgy figyelmeztetni, mint a dohányzás ártalmaira, ám kérdés, hogy ez hatásos-e. Egy másik lehetőség kötelezően folyamatosan költség információt közölni figyelemfelhívó módon az ügyfelekkel.

Hosszú távú illikvid megtakarítások

Hosszú távú illikvid megtakarítások alatt olyan megtakarítási formákat értünk, amelyek esetében a megtakarítás tulajdonosa csak – általában jelentős - költséggel férhet hozzá a megtakarításaihoz bizonyos idő (lejárat) előtt. Mint már erről volt szó a magas kamatozású rövid lejáratú hitelek, és az illikvid megtakarítások együttese az, ami nehezen magyarázható hiperbolikus diszkontálás, vagy valamilyen hasonló elmélet nélkül. Ugyanakkor az illikviditás egy olyan tényező, amely nem magyarázható naivitással, illikvid megtakarítása annak van, aki tisztában van saját önkontroll problémájával, és tesz valamit azért, hogy ez ne okozzon neki károkat. Az USA-ban a nyugdíj előtakarékosság egy jelentős szegmense az úgynevezett 401(k) számlák rendszere. (A név a szabályozást definiáló törvény nevéből származik.) Régebben a vállalatok a dolgozók fizetésének egy részét nyugdíjként szolgáltatták egy olyan rendszerben, ami nagyon hasonlított a hagyományos állami nyugdíjához, amelyek egy bizonyos összegű nyugdíjat (évjáradékot) ígérnek a nyugdíjasoknak. A fizetés egy részének nyugdíjként való elszámolása a kedvező adózási szabályok miatt érte meg mind a vállalatoknak, mind pedig a munkavállalóknak. Ez a „*defined benefit*” rendszer azonban –

részben amiatt, hogy kockázatos volt a vállalatoknak – átadta a helyét a 401(k) törvényben megfogalmazott feltételek alapján egy „*defined contribution*” rendszernek. A 401(k) számláknak nagyon sok változata létezik, de az alapvető jellemzőik a következőkben foglalhatók össze. A számlanyitáshoz szükség van természetesen a vállalat kezdeményezésére és a dolgozó hozzájárulására, tehát a dolgozó szempontjából egy fontos döntés, hogy belép-e a rendszerbe. Ha belép, akkor a jövedelme egy részét a munkáltató transzferálja erre a számlára. Ez a jövedelemrész adómentes (pontosabban az adófizetés el van halasztva). A munkáltató kiegészítheti – és általában kiegészíti – az erre a számlára befizetett pénzt, szintén adómentesen. A számla hozama ezért általában jóval nagyobb lehet, mint más megtakarítási formáké. Ugyanakkor ebben a rendszerben kockázatvállalási döntés is van, mivel a számlatulajdonos dolgozónak kell döntenie a számla portfólió allokációjáról.¹ A megtakarítás illikvid, amennyiben a hozzáférés ugyan nyugdíj előtt is lehetséges, de ennek életkori korlátai vannak, illetve veszteséggel jár, amennyiben az adókat utólagosan meg kell fizetni. Ugyanakkor nyugdíjba vonuláskor is lehetőség van arról dönteni, hogy életjáradékként, vagy egy összegben jusson valaki hozzá a megtakarításához.

Találtak úgynevezett légyapír hatást is. Egy vállalat többször változtatta azt, hogy hogyan allokálták a kezdeti munkáltatói hozzájárulást. Ezekben az esetekben a dolgozóknak joga lett volna azonnal korrigálni, és akár visszatérni az eredeti allokációhoz, ha azt szerették volna. Ezt azonban nem tették, a módosított allokációk ragadtak, mint a légyapír. Összefoglalóan megállapítható, hogy az USA-beli kutatások azt bizonyítják, hogy a döntési folyamat minden fázisában alapvető szerepe van a default opciónak. A dolgozók nagy része hagyja, hogy mintegy döntsenek helyette.

Lakás piac

A lakás piac különlegesen fontos helyet foglal el az aktív piacok között. A lakástulajdonosok nagy része a saját lakásában lakik, arra nem elsősorban, mint befektetésre gondol, és a saját maga által önmagának nyújtott lakásszolgáltatást nem tekinti a fogyasztása részének. A hagyományos racionális döntéshozót feltételező modell számára azonban a lakás ugyanúgy vagyontárgy, mint egy részvény, amelynek implicit hozama (haszonlehetőség költsége) az esetleg nem is kifizetett bérleti díj. A neoklasszikus modell lakáspiaci egyensúlyában mindenki közömbös abban a tekintetben, hogy a saját lakásában lakik, vagy pedig bérli azt, és a lakáshozamoknak meg kell felelniük az alternatív befektetések hozamának.

A lakáspiaccal kapcsolatos furcsaságok (pl. hirtelen nagy árnövekedés, majd áresés) már régen foglalkoztatták a közgazdászokat, de sokáig igyekeztek „racionális” magyarázatokat találni ezekre a jelenségekre. Egy 1988-as kérdőíves amerikai felmérés adatait elemezve kiderült, hogy azon városokban, ahol a lakásárak erősen emelkedőben vannak, a lakásvásárlók jelentős további áremelkedésre számítanak, még ha ennek nincs is semmilyen a tényekben gyökerező alapja. Továbbá ilyenkor a vásárlókat sokkal inkább a beruházási, mint a lakhatási motívum jellemzi. Ezek a piacokon a kereslet nagyon nagy ilyenkor, és ez fel is viszi az árakat. Az árnövekedésen már túljutó városokban viszont a túlkínálat a jellemző.

Ökonometriai módszerekkel egy 11 éves (1985-1996) adatbázis alapján azt találták, hogy egy adott városon belül költözők körében jelentős a nominális veszteség averzió, vagyis nem

szívesen adják el lakásaikat nominális veszteséggel: Ez a jelenség sokkal kevésbé hangsúlyos azoknál, akik bérelni akarnak lakást az eladás után, illetve azoknál, akik más városba költöznek. Ez azt is jelenti, hogy a háztartások lakás-mobilitásának egyik gátja lehet a veszteség-averzió. Egy alternatív magyarázat az, hogy hitelezési korlátok állnak fenn, ami akadályozza a mobilitást. Engelhardt eredményeit úgy interpretálja, hogy hitelezési korlátoknak vannak ugyan jelei, de a becslések szerint ez a hatás csak töredéke a veszteség-averzió hatásának.

Egy tanulmányban Genesove és Mayer a bostoni lakáspiacot vizsgálták, ahol az adatok lehetővé tették, hogy az egyes egyének viselkedését kis zajjal tudják megfigyelni. Először definiálták azon lakásukat eladni kívánókat, akiknek várhatóan veszteséget kellett volna realizálniuk. Azaz statisztikailag meghatározták a lakások várható árát, és ha ez kisebb volt, mint a lakás eredeti vételi ára, akkor ezeket a lakástulajdonosokat sorolták ebbe a csoportba. Ezen eladók sokkal nagyobb árakat kértek a lakásukért, mint a „statisztikailag” várható ár, és átlagosan végül valamivel többet is kaptak érte, ám hosszabb ideig tartott eladniuk a lakást. (A lakáseladó természetesen választhat aközött, hogy nagy árat kér, és tovább tart az eladás, vagy később csökkenti az árat, vagy pedig alacsony árat kér, de gyorsan el tud adni.) Fontos, hogy a nominális veszteség volt az, ami ezt a viselkedést kiváltotta. Mindez igaz volt azokra, akik maguk is a lakásban laktak, és bár kisebb mértékben, azokra is, akik a lakást befektetési céllal tartották.

A nominális veszteség-averzió részben a pénzillúzió jelenségével is összefügghet. Ha igaz a pénzillúzió jelensége, akkor az infláció csökkenése növelheti a (reál) ház árakat, mivel azok, akik csak a nominális lakbérekre vagy törlesztésekre koncentrálnak, nem veszik figyelembe, hogy az infláció csökkenti a reálköltségeket. Az infláció csökkenésénél tehát – esetleg hibásan – költségcsökkenést is érzékelnek. Ez viszont megemelheti a lakásárakat a lakberekhez képest. Ökonometriai módszerekkel vizsgálták azt, hogy mekkora a lakásár/lakbér hányados eltérése a fundamentumok által magyarázható résztől (ez utóbbit a cikkben a klasszikus elmélet határozza meg). Azt találta, hogy az infláció és a nominális kamatok jelentős részben megmagyarázzák az eltérést.

A lakásvagyon szorosan kapcsolódik a hosszú távú megtakarításokhoz, ez is egy formája a vagyon tartásának. A lakásból származó nettó vagyon a lakás értékének és a jelzáloghitel adósságnak a különbsége. A nagyobb nettó lakásvagyonnal rendelkező idősök nagyobb biztonságot teremtettek meg maguk számára. Egy kérdőíves felmérés alapján úgy találják, hogy a lakásvagyon megtakarítás nagyobb azoknál, akik „megtervezték” a nyugdíjas éveiket. Továbbá a pénzügyileg műveltebb emberek jóval nagyobb részt képviselnek a „tervező” típusúak között, mint a pénzügyileg műveletlenek. Ez az eredmény tehát illeszkedik a hosszú távú megtakarításoknál tapasztaltakhoz a pénzügyi műveltség, és intelligencia szerepéről. Ehhez kapcsolódó, de némiképpen ellentmondó, eredmény található Amromin és szerzőtársai (2006) tanulmányában. Eszerint az amerikaiak évente 1,5 milliárd dollárt dobnak ki az ablakon azáltal, hogy igyekeznek minél hamarabb visszafizetni a jelzáloghiteleiket. Itt ugyanis egy kihasználatlan arbitrázs lehetőségről van szó. Ha a visszafizetés helyett, amivel növelik a lakásban tartott megtakarításaikat, inkább a 401(k) számlákba fizetnék be ezt a pénzt, akkor az utóbbiak adókedvezményes volta miatt ekkora éves jövedelem növekedést érhetnének el. Következésképpen a racionalitás a hosszú távú megtakarításokon belül nagyobb részt adna a 401(k) számláknak, mint a lakásvagyonnak.

Biztosítás

A laboratóriumi kísérletek, de hétköznapi intuíciónk is, azt sugallják, hogy komplex helyzetekben, nagy bizonytalanság mellett, és olyan esetekben, amikor döntéseink hatásai csak hosszabb idő alatt jutnak érvényre, különösen hajlamosak vagyunk „rossz” döntéseket hozni. Az ilyen szituációk jellemzik a biztosítási döntéseinket. Különböző biztosítási piacokon találtak olyan gyakran előforduló magatartást, ami első látásra ellenkezik a fogyasztói racionalitás elvével.

Többfajta biztosításnál a biztosított egy biztosítási menüből választhat. Az önrész (*deductible*) növelésével csökkentheti a biztosítási díjat, és *vice versa*. Cutler és Zeckhauser anekdotikus evidenciát mutatott arra, valamint aggregált adatok elemzésével gyaníthatóvá tette, hogy a biztosítottak gyakran hajlamosak túl alacsonyra választva az önrészt veszíteni azon, hogy ezért több díjat fizetnek, ahhoz képest, amit a későbbi kártérítések „indokolnának”. Sydnor egyéni adatok vizsgálatánál a következő jelenséggel találkozott. Mintájában a tipikus lakástulajdonos 100 dollárral több biztosítási díjat volt hajlandó fizetni azért, hogy az önrész 1000 dollárról 500 dollárra csökkenjen. Viszont az átlagos pótlólagos kárigény mindössze 25 dollár volt, azaz várható értékben 75 dollárt veszített az „üzleten”. A vizsgálat nem tartalmazott közvetlen bizonyítékot arra, hogy mi volt az ok: a preferenciák (veszteség-averzió, extrém kockázatelutasítás), a jövő téves megítélése vagy valami más?

Az egészségbiztosítás a nyugdíj magtakarítások és a biztosítások bizonyos keverékének tekinthető. Az utóbbi időben világszerte tendencia van arra, hogy növekedjen az egyének választási lehetőségeinek száma: egészségbiztosítási politikák egy menüjéből választhatnak egyre gyakrabban. A döntés különösen sok hibalehetőséget nyújt, hiszen nemcsak távoli jövőt illető dolgokról kell határozni, hanem olyanokról is, amelyekkel kapcsolatos ismeretei az átlagos döntéshozónak nagyon hiányosak. Samuelson és Zeckhauser klasszikus cikkükben hívták fel először a figyelmet a status quo döntéshozásbeli, irracionális, fontosságára. A Harvard alkalmazottainak az egészségbiztosítási döntéseivel foglalkoztak. A régi alkalmazottak közül csak mintegy 3 %-uk váltott biztosítási csomagot egy adott évben, amikor számos új ajánlatot kaptak, ahhoz képest, hogy az új alkalmazottak milyen mértékben nem azokat a biztosításokat választották, amelyeket a régiek.

A kis összegű biztosításoknál bizonyíthatóan fogyasztói veszteségekkel találkozunk. Ugyanez a probléma már más esetekben is felmerült (például edzőterem bérletek). Újra felbukkan az a kérdés, hogy ez egyszerűen a preferenciák következménye-e, jelen esetben például a veszteség averzió hatása. Ha igen, akkor kérdés az, hogy preferencia lehet-e „irracionális”. Az egészségbiztosításnál megfigyelt status quo hatás ismét olyasmi, amivel többször találkoztunk. Olyan bonyolult problémáról van szó, amivel kapcsolatban a többség nem képes megfontolt döntést hozni – feltehetőleg bármennyit is foglalkoznának a problémával - ezért a legegyszerűbbnek látszó megoldást használják, amelyről azt gondolják, hogy nem nagyon rossz. Ezt lehet kognitív hibaként értelmezni, de ugyanakkor a probléma nehézségével is magyarázható. Nem feltétlenül éri meg valakinek, hogy egészségügyi szakértővé képezze ki magát, amikor az idejét mással is töltheti, és kérdés, hogy egészségügyi szakértőként sokkal jobb döntést tudna-e hozni.

A vállalatok nyilvánvalóan kihasználhatják a kis összegű biztosításoknál a veszteség-averziót, tehetnek olyan ajánlatokat, amelyeket a veszteségre különösen érzékenyek fogadnak el. Itt a beavatkozás szükségessége attól függ, hogy kognitív hibát is látunk, vagy csak veszteség-averziót. A kognitív hibát korrigálhatják esetleg információadási kötelezettséggel, ha a biztosítókat kötelezik arra, hogy világossá tegyék a biztosítottak számára a veszteségek valószínűségét. Az egészségbiztosítási döntéseknél a megfelelő ajánlattételi pszichológia, és az ajánlatok komplex megfogalmazása zavart okozhat a fogyasztói döntésekben, de azok valószínűleg eleve olyan bonyolultak, hogy tökéletesen racionális, megfontolt döntésre nincs remény. Az információ adási kötelezettség szabályozása itt is szóba jöhet, illetve az, hogy a biztosítókat standard típusú, összehasonlítható ajánlatok tételére kötelezzék. Ezek kára talán nem olyan lényeges ezen a területen, mint mondjuk a hitelkártya vagy fogyasztói hitel szerződéseknél lenne, de nyilvánvalóan további kutatásra lenne szükség ezzel kapcsolatban.

Pénzillúzió

A hagyományos közgazdaságtan egyik alapelve az, hogy a racionalitás azt diktálja, hogy az ágensnek reál és nem nominális értékektől tegyék függővé a döntéseiket. Ezzel szemben több jelenség is bizonyítani látszik a pénzillúzió létét.

A standard mikroökonómiában a több pénzt az emberek (általában) preferálják a kevesebbhez képest, de csupán azért, mert a pénznek úgynevezett közvetett hasznossága van. Feltételezés szerint a pénzt nem önmagában szeretjük, hanem mivel olyan dolgokat tudunk megvásárolni vele, amelyek már közvetlenül is hasznosak, mint például a hamburger. Ennek megfelelően a tradicionális mikroökonómia racionális döntéshozója (népszerű nevén *homo oeconomicus*), amikor döntést hoz, mindig a végső célban gondolkodik, és döntéseit az igazi (reál) motívumok mozgatják. Ezt néha úgy fejezik ki, hogy „keresztüllát a pénz fátylán”. Ez a keresztüllátás valójában mindig intertemporális probléma, hiszen ha azt kell megfontolnom, hogy ma 1000 vagy 1500 forintot fizessek ki ugyanazért a dologért, akkor nem kell ismernem a két pénzösszeg reál (vásárlóerőben mért) értékét ahhoz, hogy tudjam az 1000 forint az olcsóbb. Azonban, a döntéseink szinte mindegyikének van következménye a jövőre nézve is. Amikor egy cég beáraz egy árucikket, akkor figyelembe kell vennie, hogy az átárazás költséges dolog, és a mai ár még egy ideig érvényben fog maradni. Ilyenkor nem árt elgondolkodni azon, hogy a mai 1000 forint mennyit fog „reálértékben” (vagy „hasznosságban”) érni három hónap vagy egy év múlva.

A jelenség első szisztematikus elemzése Irving Fisher nevéhez fűződik. Fisher egy sor példát hozott fel saját megfigyelései alapján. Például egy boltos a 20-as évek német hiperinflációja idején gyakorlatilag beszerzési áron akart eladni egy inget, és Fisher-nek kellett figyelmeztetnie, hogy ezzel reál értelemben veszteséget realizálna. Az 1930-as és 40-es években a jelenség elfogadása nem okozott gondot a közgazdászoknak. Később azonban, nem utolsósorban a „racionális várakozások” forradalmának betudhatóan, a süllyesztőbe került. Mint Tobin írta: az egyik legnagyobb hiba, amit egy közgazdász elkövethet az, ha feltételez ilyen mértékű butaságot az emberekről. Márpedig a „butaságra” vannak példák, de hasonlóan a racionalitási hipotézis más megsértéseihez, ezt is negligálni lehetett, mint átmeneti, lényegtelen jelenséget, ahol a verseny előbb-utóbb kiiktatja az ésszerűtlen viselkedést.

A pénzillúzió reneszánsza a viselkedési közgazdaságtannak köszönhető, habár a zászlót ettől függetlenül is fenntartották olyan „racionális várakozások előtti” nagyságok, mint Modigliani. A 80-as és 90-es években megszorodtak a pénzillúzió szisztematikus (nem átmeneti)

meglétét bizonyító írások Azóta a pénzillúzió jelenségét modern módszerek is megerősítették, kísérleti, illetve a tisztán nominális hatás meglétét neuropszichológiai módszerekkel is alátámasztották.

A magyarázat keresés fontos momentuma volt az a gondolat, hogy gazdasági döntéseinknél a világról való tudásunknak két versengő reprezentációja van, egy nominális és egy reális. A nominális reprezentációban pénzben gondolkodunk, míg a reálisban reálértékben (a hagyományos közgazdaságtan fogalmai szerint: indirekt hasznosságban). Mindkét reprezentáció jelen van az agyunkban, és az egyes emberek használhatják bármelyiket különböző esetekben. A tudás reprezentáció a kognitív tudomány (mind a mesterséges intelligencia kutatások, mind pedig a kognitív pszichológia) egyik alapkérdése. A mesterséges intelligencia kutatások esetében ez több, mint természetes. Amikor „intelligenciát” hozunk létre valamilyen módon tudást kell felépítenünk, aminek alapján az intelligens döntések meghozhatók. Tényeket és összefüggéseket kell valahogyan tárolni a „gépben”, amely aztán következtetéseket képes levonni ezekből. Jól tudjuk, hogy ugyanazt a dolgot különféleképpen tudjuk reprezentálni, és egyik reprezentáció kiszoríthatja a másikat.

A pénzillúzió viselkedési közgazdaságtan szellemében fogant elemzései vagy a jelenséget identifikálták, vagy pedig feltételezték annak meglétét és a következményeket vezették le egy olyan modellben, amelynek határesete volt a zsinórmértékként tekintett racionális döntéshozó. A Gigerenzer-féle szerszámoszláda elmélet azonban más utakon halad.

Gerd Gigerenzer a viselkedési közgazdaságtan és a hozzá csatlakozó pszichológia egyik problémájának pontosan azt tartja, hogy nem vesznek tudomást a tudásreprezentáció korlátairól. Közgazdászok számára a „mintha” érvelés jól ismert Friedman (1966) óta. Ez a fajta érvelés azonban nemcsak közgazdászokra korlátozódik. Például a biológus Richard Dawkins nagyon hasonló megállapítást tesz a magas labdát elkapó sportolókról. Úgy fogalmaz, hogy egy magas labdát elkapó sportoló úgy cselekszik, mint aki megold differenciál egyenleteket, anélkül, hogy tudatában lenne ennek. Valamilyen tudatalatti szinten a folyamat – Dawkins szerint - ekvivalens a matematikai számítások végrehajtásával.

A reprezentáció helyes megválasztása nagyon fontos, tanulható és tanítható is adott esetben. Gigerenzer egy kedves példája arról, hogy a reprezentáció megfelelő megválasztása hogyan javíthat emberi döntéseket az úgynevezett „base rate fallacy” esete. Itt arról van szó, hogy a gyakorlatban igen gyakran rosszul alkalmazzuk a Bayes-tételt, aminek néha tragikus következményei lehetnek. Például egy orvos pusztán egy teszt statisztikai értelemben vett első és másodfajú hibájából nem tud következtetni arra, hogy mi a valószínűsége egy adott ember betegségének. A számításhoz szükség van arra az apriori valószínűségre is, hogy a páciens populációjában mekkora a betegség valószínűsége.² Ha ez az apriori valószínűség nagyon kicsi, akkor egy nagyon megbízható teszt pozitív eredménye sem jelent nagy betegség valószínűséget. Feljegyeztek azonban eseteket, amikor képzett orvosok elkövették ezt a hibát, és olyan véradók, akikkel elhitették, hogy szinte biztosan HIV fertőzöttek, öngyilkosok lettek. Mint kísérletek bizonyították, a helyes következtetés, ami matematikailag a Bayes-Tétel alkalmazása, nem egykönnyen elsajátítható, és az emberek gyorsan elfelejtik. A kipróbált megoldás a problémára a következő a gondolatmenetet reprezentáljuk természetes gyakoriságokkal, és ne absztrakt valószínűségekkel. Például ne azt mondjuk, hogy az apriori valószínűség 0,001, hanem azt, hogy az adott populációban minden 1000 emberből 1

rendelkezik ezzel a betegséggel. Evvel a mentális reprezentációval a gondolatmenet könnyebben érthető, és jobban meg is ragad. Ez azonban nem jelenti azt, hogy a valószínűségszámítási fogalmakat általában célszerű feladni. Aki például hivatásosan matematikai statisztikával akar foglalkozni, annak sokkal bonyolultabb levezetésekkel kell megértenie és alkalmaznia, és jól teszi, ha elsajátítja az absztrakt fogalmi apparátust. A Bayes-Tételben való valószínűségi gondolkodás alkalmas eszköz egyeseknek bizonyos összefüggésekben. Mások azonban helyesen teszik, ha egy olyan alternatív reprezentációt használnak, ami ugyan egy bizonyos értelemben alacsonyabb rendű az absztrakt matematikai reprezentációnál, mégis néha ésszerűbb ezt használnunk.

Mit mond mindez számunkra a pénzillúzióról? Vajon milyen lehetséges reprezentációi vannak egy adott gazdasági döntési problémának? Ha valaki 1 milliós fizetést ajánl egy bizonyos állásért, és a kérdés az, hogy elfogadjam ezt az ajánlatot, akkor le kell fordítanom magam számára az ajánlatot. A hagyományos közgazdasági elmélet ezt triviálisnak tekinti. Természetesnek veszi, hogy cselekedetünk „funkcionálisan ekvivalens” lesz azzal, mintha a nominálisan reprezentált ajánlat mellé minden erőfeszítés nélkül felsorakoztatnánk egyéb ismereteinket az 1 millió forint jelen és jövőbeli vásárlóerejéről (indirekt hasznosság), a munkapiac (bérek és foglalkoztatás) jelenlegi állapotáról, és annak jövőjéről vett „racionális” várakozásainkkal. Majd pedig ennek alapján megoldanánk egy sztochasztikus dinamikus programozási feladatot, és az eredményként kapott döntés való érdekeink szempontjából a lehető legjobb lesz. A viselkedési gazdaságtan ezt csak annyiban módosítja, hogy eközben elkövetünk bizonyos (triviálisnak tűnő) hibákat.

Az adaptív szerszámoszláda elmélet értelmében az első kérdés, amit fel kell tennünk, hogy egyáltalán milyen értelemben lehetséges nem-pénzillúzió, vagyis az olyan döntéshozatal, amely a nominális mennyiségeket valamilyen reál mennyiséggé transzformálja (reál reprezentáció), majd a döntés inputjaként ezt a reál információt használja. Egyszerű makroökonómiai modellekben ez ekvivalens az árindexszel való deflálással, az M/P hányados (reálpénz) meghatározásával, és a döntési függvényben ennek alkalmazásával. Bár egy modellben ez egyszerűnek létszik, de ha a szerszámoszláda megközelítést alkalmazzuk, akkor meg kell kérdeznünk, hogy kognitívan lehetséges-e ez művelet? A kérdés hasonló ahhoz, mint amit a labdaelfogást tanulmányozó pszichológus tette fel: kognitívan lehetséges, hogy a magas labda sebességét és gyorsulását (kvantitatíven elég nagy pontossággal) érzékelnünk tudjuk, és annak megfelelően tudunk cselekedni?

A közgazdaságtan gyakorlatára nézve egy egyszerű következmény az, hogy amennyiben ökonometriai elemzést végzünk ne dolgozzunk automatikusan reál (deflált) mennyiségekkel. Az empirikus makroökonómiai gyakorlat, implicite a pénzillúzió hiánya alapján állva, automatikusan reálkamat, reálárfolyam, reálvagyon stb. kategóriákban gondolkodik, az általában nominálisan megfigyelt változókat vagy már a statisztikai hivatalok, vagy maguk az elemzők reálértékre számítják át, és a becslések ezekkel a változókkal számolnak. Ökonometriai nyelven kifejezve: automatikusan, tesztelés nélkül elfogadják azt a nullhipotézist vagy valamely egyenletben $\log(M)$ és $\log(P)$ együtthatója ugyanaz. A legegyszerűbb következménye a pénzillúzió elfogadásának tehát az, hogy az ilyen típusú nullhipotézis mindig tesztelendő.

A fentiek fényében az is kérdésként vethető fel: hogyan számoljunk árindexeket? A jelenleg használt árindexek vagy függetlenek a közgazdasági elméletektől, vagy pedig a hasznossági elméletből származtatottak. Az egzakt (és objektív) reális reprezentáció hiánya nem jelenti

azt, hogy ne lennénk tudatában annak, hogy a pénz „értéke” változik a pénzárrakkal, ha ezt az értéket nem is tudjuk kvantitatíven objektíven kifejezni. Senki nem gondolhatja, hogy a fogyasztói árindex (ahogyan éppen ma számolják egy bizonyos országban) objektív értelemben kifejezi a megélhetési költségek változását, mégis komoly funkciója lehet például a nyugdíjak indexálásában. Kézenfekvő, hogy indexálásra „társadalmi igény” van, de jelentős önbecsapás azt hinni, hogy bármilyen indexálási formula pontos vagy kevésbé pontos közelítése valamilyen misztikus mennyiségnek (a társadalmi megélhetési költségnek). Kérdés, hogy az indexszámot mire akarjuk használni. Ha azt szeretnénk tudni, hogy az emberek mikor érzik úgy, hogy a pénz „értéke” csökken vagy nő, akkor pszichológiai és nem gazdaságstatisztikai módszerekhez kell folyamodnunk. Az eredmény nem feltétlenül esik egybe a megélhetési költségekként definiált árindexből származó ítélettel. Könnyen előfordulhat például, hogy a rezsiköltségeknek nagyobb a szerepe ennek az érzésnek az alakításában, mint ami a rezsiköltségek összkiadáson belüli súlyából következik, mivel sokkal inkább tudatában vagyunk a rezsiköltségek változásának, mint mondjuk az elektronikai cikkek költségeinek. A hasznosságfüggvény elmélet alapján létrehozott hedonikus árindexek egy mai 200 ezer forintos laptopot olcsóbbnak tekintenek, mint egy öt évvel ezelőtti 200 ezer forintos laptopot, mivel a mai „sokkal többet tud”. Viszont, ha az emberek érzékelésére hagyatkoznánk, akkor nem biztos, hogy azt állítanák, hogy érzékelnek árcsökkenést: „öt éve és ma is csak egy „szokásos” laptopot vásároltam, és ezek ára ugyanannyi volt” mondhatják.

Irodalom:

A fejezet nagy részben Koltay-Vincze (2009) és Vincze (2018) alapján készült. További számos hivatkozás ezekben a cikkekben található.

6 Adaptáció, tanulás

A hagyományos elmélet egyetlen tanulást ismer, az úgynevezett bayes-i tanulást, ami azonban nem tanulás abban az értelemben, hogy az új információk csak „frissítik” a „hiteket”, új gondolatokat, koncepciókat soha nem hoznak létre. Alapvető (nem-kompatibilis) eltérésekhez kezdetben adott világgépkéntől nem juthatunk el. A racionalitási feltevés azt implicálja, hogy ez a kezdeti világgép korrekt, ha nem is feltétlenül nagyon pontos. Itt olyan tanulási-adaptációs elméletekről lesz szó, amelyekben a döntési szabályok, heurisztikák az időben valódi változáson mennek át. Ugyanakkor itt nincs feltétlenül értelme arról beszélni, hogy a világgép korrekt-e vagy sem, habár bizonyos kontextusokban ez a kérdés is feltehető. Más szóval itt „nagy világokban” (rosszul definiált problémáknál) való tanulásra fogunk koncentrálni.

Stimulus-válasz típusú tanulás (reinforcement learning)

Ez a fajta tanulás nem tartalmaz látszólag semmi reflexiót, a döntéshozó nagyobb valószínűséggel választja azokat az akciókat, amelyek a múltban sikeresnek bizonyultak. Nincs szükség „világgép” kialakítására.

Stimulus-válasz típusú tanulás modellezésére született stratégiai (játékelméleti) kontextusban a Roth-Erev modell, amelynek számos továbbfejlesztett, módosított változata lett. Dinamikus programozás típusú feladatokra született az úgynevezett Q-tanulás algoritmus, amelyről belátható, hogy szűkebb feltételek mellett – jól-definiált problémákban - aszimptotikusan eljut az optimális stratégiához. A Q-tanulás különböző változatait használják például a robotikában, „nem-jól definiált” döntési helyzetekben.

Az ilyen tanulási algoritmusokat meg szokás különböztetni abból a szempontból, hogy globálisan vagy lokálisan keresnek-e új alternatívákat, hiszen minden tanulási algoritmusnak része valamilyen kísérletezés, hiszen egyébként nem lehetne összehasonlításokat tenni jó és rossz döntések között.

Kognitív (hit) tanulás

E szerint a paradigma szerint emberi döntéshozók mentális modellekkel rendelkeznek a világról, amibe beleértendőek „mások viselkedése, motivációi stb.” is. Ez a világgép azonban változik, és ezt hívjuk kognitív tanulásnak. Brenner (2006) összefoglalja a tanulással kapcsolatos releváns pszichológiai ismereteit. 1. Tipikusan egy mentális modellünk van minden pillanatban, ha vannak kétségeink gyorsan rögzítünk egy modellt akár kevés evidencia alapján is. 2. Ugyanakkor új ismeretek (megfigyelés, tapasztalat, kommunikáció) hatására változtatjuk a mentális modellünket. 3. Ezek a modellek nem nagyon komplexek, de ha egy egyszerű modell ismételt nem válik be, képesek vagyunk bonyolítani őket. 4. Hajlamosak vagyunk ragaszkodni a hiteinkhez, ha nincs erős ellentétes evidencia, és elhessegetni a meglevő elméletünknek ellentmondó evidenciát.

Számos formalizált tanulási algoritmust sorolnak ebbe a tanulási kategóriába: statisztikai tanulás (pl. legkisebb négyzetek tanulás), adaptív hit tanulás, szabály tanulás, klasszifikációs rendszerek, neurális hálók. Ezek gyakran matematikai értelemben bonyolult függvényillesztő algoritmusok. Amikor a hiteink kvantitatív becsléseket is tartalmaznak (pl, valamilyen

paraméter értékre vonatkozóan), akkor meg szokás különböztetni szabály és hasonlóság alapú modelleket a pszichológiai irodalomban.

Evolúciós tanulás

Az evolúciós (vagy genetikus) tanulás biológiai analógiára épül, de alkalmazható tanulásra is. Az alapgondolat az, hogy egy stratégia (döntési szabály) megfeleltethető egy génnek, és a tanulás (adaptáció) pedig egy az evolúciós műveleteknek. Az alapvető evolúciós műveletek a véletlen mutáció, a kicserélődés (meglevő stratégiák kombinációja), és a szelekció (a rendelkezésre álló stratégiák halmazából az „életrevalóság” függvényében való választás). Ennek a paradigmának vannak emberekre vonatkoztatott specializációi, mint például a memetikus tanulás.

Társadalmi és egyéni tanulás

Szokás megkülönböztetni társadalmi és egyéni tanulást, aszerint, hogy milyen információ alapul az adaptáció. A stimulus-válasz modellek gyakorlatilag mindig egyéni, míg a kognitív és evolúciós modellek lehetnek mindkét fajtát. Az utánzási heurisztika különböző fajtái maguk is felfoghatók társadalmi tanulási heurisztikáknak. Valójában a többi tanulási modell is heurisztika, csak nem rendelkezik az előző héten tárgyalt heurisztikák egyszerűségével minden esetben. Tehetünk különbséget tanulási (meta) heurisztika és egyszerű heurisztika között, ahol a társadalmi heurisztikák mind a két funkciót betölthetik.

Irodalom

Duffy (2006), Brenner (2006).

7 Ágensalapú modellezés

A következőkben általában az ágens alapú modellezéssel foglalkozunk, annak történetével, jellegével, összevetve más matematikai modellezési megközelítésekkel, és rámutatva, hogy milyen előnyei lehetnek a közgazdaságtanban, és a társadalomtudományokban általában.

Egy ágens alapú modell felépítésénél először is identifikálni kell ágenseket, illetve ezek osztályait, ami ezek attribútumainak (állapotok) megadásával egyenértékű. Meg kell határozni a környezetet, amelyben az ágensek működnek és egymással interakcióba lépnek. Meg kell határozni az ágensek attribútumai frissítésének módszereit, ami az egymással és a környezettel való kölcsönhatás eredményeként történik. Meg kell határozni az interakciók pontos mechanizmusát.

North-Macall (2006) felsorolja egy probléma azon jellemzőit, amelyek megléte indokolja az ágens-alapú modellezést. Ezek azok az esetek, amikor a múlt nem igazán jó prediktora a jövőnek, amikor a strukturális változásokat nem inputként akarjuk megadni, hanem arra vagyunk kíváncsiak, hogy hogyan alakulnak ki, amikor fontos a dinamikus adaptáció és tanulás, és amikor létezik az ágenseknek egy természetes reprezentációja. Az ágens-alapú módszer alkalmazásának szakaszai: ágens identifikálás, viselkedés leírás, szimuláció, statisztikai elemzés, verifikálás, validálás, interaktív modellezés.

Az ágens alapú modellek matematikailag nagyon nagy dimenziós és „nagyon” nemlineáris dinamikus rendszerek (sztochasztikus vagy determinisztikus), amelyek analitikus elemzése nehéz, habár néha közelítő eredmények le lehet vezetni. Éppen ezért az ágens alapú modellek felhasználásnak leggyakoribb módja a szimuláció és a szimulált adatok statisztikai elemzése.

Egyenlet-alapú és ágensalapú modellezés

A statisztikus fizikában a mágneses fázisátmeneteket valamikor kizárólag differenciálegyenletekkel vizsgálták (mean-field dynamics), ahol a reprezentatív atomok várható értékeire (statisztikai átlagok) voltak az összefüggések felírva. Az Ising-model az egyik első ágens-alapú modell, amely ugyanezt a problémát egyedi atomokra (heterogén ágensek) formulázta meg, hangsúlyt fektetve a lokális interakciókra, ahol az átlagolás nem feltétlenül eredményes. A tapasztalatok azt mutatják, hogy az Ising-modell számos esetben határozottan jobban teljesít, mint a hagyományos modell kvalitatív értelemben is, nemcsak pontosságban. Ugyanakkor csak egy és két dimenzióban oldható meg analitikusan, egyébként csak szimulációval elemezhető.

Gazdasági példa: kínálati lánc

A kínálati lánc modellezése ágens-alapú módszerrel egy kézenfekvő alkalmazása a technikának.

Mikor hasznos a közgazdaságban az ágensalapú modellezés?

1. Amikor a heterogenitás lényeges, és az átlagolás olyan információ veszteséggel jár, ami kvalitatív következményekkel is jár, vagy amikor az átlagolás „hibája” nagy.
2. Fontosak az ágensek közötti lokális interakciók,
3. Szinte lehetetlen, hogy az ágensek globális módon hozzanak döntéseket (nem korlátlanul racionálisak), és ne hagyatkozzanak tanulásra vagy adaptációra.
4. A gazdasági környezet realisztikus és elég részletes leírása fontos a probléma szempontjából.
5. A problémában sok a bizonytalanság, de a valószínűségi leíráshoz nincs megfelelő ismeretünk és/vagy adatunk.

A közgazdasági modellek természetes megfogalmazása gyakran ágens-formájú, még ha technikailag nem is ágens-alapú modellekről van szó. A közgazdasági modellek szinte mindig átírhatók ágens-alapú modellé.

Irodalom

Gilbert-Troitsch (2005), North-Macall (2007), Tesfatsion (2006).

Ágensalapú modell példák NetLogo-ban

A következőkben bemutatunk néhány egyszerű példát, amire ágens-alapú modelleket dolgoztak ki. A modellek megtalálhatók az interneten ingyen letölthető NetLogo platformon. A NetLogo oktatási célokra jól használható, az ágens alapú modellezés tudományos irodalmában is hasznosított (Java alapú) programnyelv. A program minta modell könyvtárral rendelkezik, ahol az egyes modelleknek nemcsak a programkódja, hanem verbális leírása, és a programokhoz felhasználási javaslatok is szerepelnek.

Az Ising-modell

A már említett Ising modell algoritmikus leírása és fizikai jelentése is megtalálható megfelelő könyvtárban. Ezen a példán jól szemléltethetők a NetLogo legfontosabb kategóriái: ágensek reprezentálása, globális és lokális változók, a Setup és a Go utasítás. Tanulmányozható az eredmények megjelenítése, és a modell viselkedésének megfigyelése: függés a kezdeti állapottól, fázisátmenet, az ágensek számának hatása. Itt speciálisan

megismerjük a hőmérséklet és a „szelekció” erejének összefüggését. A modell nemcsak programozás technikailag nyújt jó bevezetést, hanem az ágens-alapú szemlélet több kulcsfogalmát is szemléletesen bemutatja.

Egy egyszerű genetikus algoritmus

Ez a modell egy egyszerű példán illusztrálja részben a genetikus algoritmus fogalmát, másrészt, hogy ez hogyan realizálható ágens-alapú modellben. A feladat: ha adott egy 1-eekből és 0-kból álló string-ek halmaza, találjuk meg a csupa 1-esből álló „megoldást”. Itt olyan fogalmakat tanulmányozhatunk, mint a populáció, a fitness fogalma, és a verseny (tournament), mint szelektációs elv. Az evolúciós tanulás alapfogalmait (mutáció, Rekombináció) is megismerhetjük. A modell az adaptáció és tanulás modellezésbe nyújt jó bevezetést, az evolúciós logika megértetése révén. Lehetőséget ad számos továbbfejlesztésre is.

Mesterséges neurális háló

Megtaláljuk a neurális-háló matematikai megfogalmazását. A „mesterséges neurális hálók elméletének és fogalmainak tág tárházával találkozunk, mint például a Perceptron és annak kiterjesztése több szintre, a szigmoid függvény szerepe, a tanulási és tesztelési fázisok. A NetLogo alkalmazások szempontjából megismerhetjük a Breed-ek és link-ek szerepét a NetLogo-ban, valamint az idő kezelését és listák használata. A neurális háló is népszerű tanulási algoritmus, amelyet az emberi viselkedés több területének modellezésre javasoltak pszichológusok. A példa bevezetést nyújt ebbe az elméletbe is.

Szimulált edzés

A szimulált edzés (simulated annealing) egy olyan globális optimalizációs heurisztikus módszer, ami a kohászat edzési folyamatát szimulálja optimalizációs problémák megoldásához. Felfogható egy komplikált heurisztikának, ahol újra találkozhatunk olyan elvekkkel, amikkel az Ising-modellben és a genetikus algoritmusból már találkoztunk (a mutáció szerepe, a hőmérséklet és szelektációs nyomás). A PATCH-SET utasítás használatát a NetLogo-ban tanulmányozhatjuk.

Pásztorok és bárányok

A pásztorok egyszerű szabályokat követnek: véletlenszerűen bolyonganak, amíg nem találnak egy bárányt, amit megfognak és elviszik. Ha megint belebotlanak egy bárányba, akkor a náluk levő bárányt mellé teszik, és elindulnak keresni egy újat. (Eközben a bárányok is véletlenszerűen mászkálnak.) Látszólag a mechanizmus rosszul van megszervezve, mert lehet, hogy egy meglevő nyájból kivisznek egy bárányt. Azonban, ha ezt megtiltanánk, akkor sok kis nyáj keletkezne és nem egy nagy. Nagy nyáj keletkezésére van esély a paraméterek (bárányok és pásztorok száma, és sebességük) függvényében. A modell illusztrálja azt, hogy egyszerű szabályokkal, központi koordináció nélkül bonyolult feladatot lehet sikeresen elvégezni.

Kooperáció és altruizmus

Ez a modell azt vizsgálja, hogy milyen körülmények között (mennyi ideig) maradhat fenn altruista magatartás egy populációban. A modellben mohó és altruista tehenek vannak: a mohó tehen megeszik minden fűvet, amit meglát, míg az altruista tehen egy bizonyos magasság alatti fűveket nem eszi meg. (A többet evő tehen nagyobb valószínűséggel szaporodik.) Az altruizmus hasznos a tehenek összességének, mivel az alacsony fű lassabban

nő, mint a magas. A modell számos igazítható paramétert tartalmaz, és ezek függvényében változatos dinamikus viselkedéseket lehet megfigyelni.

Preferenciális csatlakozás

Ez egy hálózat kialakítási modell, ahol a hálózaton belüli kapcsolatok nem véletlenszerűen jönnek létre, hanem annak alapján, hogy akinek eleve több kapcsolata volt, azzal nagyobb valószínűséggel létesítenek új kapcsolatot. Az így létrejövő hálózat rendelkezik a skálafüggetlenség tulajdonságával. A gráf fokszám eloszlása hatványfüggvény. Ezt a hálózat típust az utóbbi időben sokat tanulmányozták, számos gazdasági-társadalmi jelenségnél vélték felfedezni. Endogén módon létrejövő hálózatokat számos ágens-alapú modellben használnak, hiszen a lokális interakciók is időben változnak.

El Farol

Az El Farol egy bár Santa Fé-ben, amely különösen csütörtök esténként gyakran túlszűfolt. A potenciális vendégek megpróbálják megjósolni, hogy mennyien lesznek a bárban, és ha úgy gondolják túl sokan, akkor otthon maradnak. Ehhez rendelkeznek predikációs stratégiákkal, amelyek segítségével megpróbálják megjósolni az elmúlt hetek adatai alapján a bár látogatottságát. Azt, hogy melyik stratégiát használják, a stratégiák előző sikeressége határozza meg, vagyis tanulnak (adaptálódnak). Ebből a modellből nőtt ki egy jelentős része az ágens-alapú pénz és tőkepiaci modelleknek.

Vagyoneeloszlás

Egy korlátozott erőforrásokkal rendelkező világban az emberek versenyeznek egymással az erőforrásokért. Azok, akik jobb képességűek, és akiknek kisebb a fogyasztási hajlandóságuk gazdagabbak lesznek. A vagyoneeloszlás ebben a modellben hasonló jellegű lesz a preferenciális kapcsolódás modelljében tapasztalt eloszláshoz, annak ellenére, hogy a képességek eloszlása nem mutat egyenlőtlenséget. Itt egy újabb általános jelenséget tapasztalhatunk, amelyet az utóbbi években sokszor, különböző helyeken fedeztek fel.

Irodalom

A példák a NetLogo Model Library-ból származnak.

Ágensalapú adózási modellek

Az ágens-alapú modellezés egyik hagyományos felhasználási területe a játékelméleti problémák, és különösképpen a kooperáció vizsgálata. Egy rokon probléma az adózás is, ami „sokszemélyes” játékként fogható fel. A következőkben ilyen modelleket tárgyalunk. Látni fogjuk, hogy az Ising-modell jelentős mértékben hatott ezekre a kutatásokra. Az adózási probléma egy alapvető irracionálitási megfigyelést igyekszik értelmezni: úgy tűnik, hogy az adóellenőrzés valószínűségét és a büntetések nagyságát tekintve indokolatlanul sok adót vallanak be számos társadalomban.

A Hokamp-Pickhardt modell (Hokamp-Pickhardt (2010))

A modellben négy fajta ágens típus van: 1. hagyományos (várható hasznosság) maximáló ágensek, 2. utánozó ágensek, akik sikeres viselkedést utánoznak, 3. etikus ágensek, akik minden körülmények között bevallják a jövedelmüket és 4. véletlenszerűen cselekvő ágensek. Ezek aránya rögzített a teljes populációban. Az ágensek információs struktúrája olyan, hogy csak véges sok másik ágens viselkedését tapasztalják közvetlenül. A gazdaságpolitika rögzíti

az adókulcsot, az ellenőrzés valószínűségét, és a nem bevallott jövedelmek adókulcsát (büntetés).

A szimulációs eredmények részben a paraméterek hagyományos hatásait mutatják, de azt is, hogy bizonyos körülmények között ezek a hatások gyengék. Vannak olyan körülmények, amelyek mellett az etikus egyének nagyon nagy hatást gyakorolnak az egész társadalom adóbevallási hajlandóságára. A szimulációs vizsgálatok különösen olyan hatások vizsgálatánál fontosak, mint amikor azt vizsgálják, hogy mi történik, amikor egy adóellenőrzés nemcsak az adott, hanem az azt megelőző periódusokra is vonatkozik. Az ilyen komplikált hatások nem-ágens alapú modellekben szinte biztosan nem vizsgálhatók.

A Bloomquist-féle adóbevallási szimulátor (Bloomquist (2006))

Bloomquist, aki az USA Adóhivatalának kutatója, egy adóbevallási ágens-alapú modellt fejlesztett ki, amit az adóellenőrzések szimulálására használtak. A példa illusztrálja, hogy viszonylag gyorsan gyakorlatilag is használható ágens-alapú modellek fejleszthetők az irodalom ezen szegmensében is. További érdekesség, hogy a modellt NetLogo-ban írta.

A szimulátor jellegzetességei:

- nagyon részletes, 29 elemű, ágens állapotér (jövedelem, életkor, memória stb)
- a látható jövedelem megkülönböztetése (a jövedelem egy bizonyos részét különböző ágensek egyáltalán nem tudják eltitkolni)
- annak a lehetősége, hogy az ágensek pontatlanul (eltúlozva) érzékeljék az adóellenőrzés veszélyét
- hálózati hatások (az ágensek az ismerőseiktől is kapnak információt).

A hálózati hatások szignifikánsnak látszanak a szimulációs eredmények alapján, és ez megtámogatja az ilyen irányú empirikus tapasztalatokat is.

Az Ising-modell és adóelkerülés (Zaklan et al. (2009))

Az ilyen, közvetlenül fizikai analógiákat felhasználó, modelleket szokás ökonofizikainak is nevezni. Analógiák az Ising-modell és az adózás között:

- mágneses spin értéke – adócsaló vagy adóbevalló viselkedés
- energia – az adócsalást meghatározó „érték”, amely alacsony hőmérséklet mellett nagy valószínűséggel meghatározza a viselkedést, de magas hőmérsékleten az ágensek inkább véletlenszerűen döntenek
- a szomszédok állapota lokálisan hat egy ágens energiájára (vagyis viselkedésére)
- létezik egy külső mágneses mező, ami szintén hat minden ágens viselkedésére – ezt a kormány társadalombarát vagy opportunista viselkedéseként interpretálják.

Az adóellenőrzésnek nincs analógiája az eredeti Ising modellben, de ez a modell adóellenőrzési hatást is tartalmaz.

Egy összehasonlítás: ágens-alapú és hagyományos megközelítés társadalmi preferenciákkal (Méder-Simonovits-Vincze (2012))

Az alábbiakban részletesen leírjuk az ágens-alapú modellt, az 1. Függelék pedig tartalmazza a modell NetLogo kódját magyarázatokkal.

Az emberi döntéshozatal racionalitáson alapuló modelljeinek alternatívái az egyszerű heurisztika szerepét és az „integrált” preferenciák hiányát hangsúlyozzák. Ebben a keretben az egyéneknek van egy heurisztikahalmazuk (döntési szabályaik), egy mechanizmus, amellyel kiválasztják a döntési szabályt, és esetleg egy metaszabály, amely vagy a heurisztikus

szabályokat vagy a választási mechanizmust frissíti fel. Ez az adózási modellünkben két döntési szabály létezését tesszük fel.

1. Fizess adót, ha elégedett vagy a sorsoddal, és ne fizess, ha elégedetlen vagy!
2. Fizess adót, ha legtöbb ismerősöd fizet, és ne fizess, ha mások sem fizetnek!

Az első heurisztikus szabály egy olyan ingert használ, amely közel van a hasznosságfogalmához. Az ágensek magánjavakat fogyasztanak, és élvezik a közösségi javak nyújtotta előnyöket is. A hasznosság e két forrása jelenik meg az elégedettségben vagy elégedetlenségben. Megtartjuk a monotonitás hagyományos feltevését: nagyobb magán- és közösségi fogyasztás esetén valószínűbb, hogy az ágensek hasznossága meghaladja elégedettségi küszöbüket. A modellnek e tulajdonsága erősen emlékeztet a *satisficing* fogalmára. Az ágensek heterogének abból a szempontból, hogy különböző a hasznossági küszöbértékük. Adott fogyasztás esetén egyesek elégedettek, mások nem. Az első heurisztikus szabály segít abban, hogy a társadalom becsületes tagjai vagy a kormányzat leleplezzék a csalókat. Ha sok csaló van, akkor ezt az elégedetlenség jelezheti. A második heurisztikus szabály egy jól bevált utánzási szabály, amely illik a problémánkhoz. Az utánzás általános célú heurisztikus szabálynak tűnik; vagy az emberi agy alapösszetevőjének. Adózási keretben azonban az utánzás a csalók leleplezésének eszköze is lehet. A csalás közvetlen bizonyosságán nyugszik, de tökéletlen, mert bárki ismerősei (azaz azok viselkedése, akiknek adófizetési viselkedését meg tudja figyelni) az egész népességnek csak egy kis mintája.

Úgy gondoljuk, mindkét, heurisztikán alapuló döntési szabály értelmes, mert olyan közelítő mechanizmusok, amelyek segítségével az adócsalók leleplezhetők és megbüntethetők. Az adócsalás mint büntetés nem túl hatékony, de a bosszú egyetlen eszköze. Emellett egy „édes” eszköz, hiszen a hasznosság – egyébként változatlan körülmények mellett – azonnal növekszik az adófizetés felfüggesztése után. E két, heurisztikán alapuló döntési szabály azonban ellentmondásba keveredhet egymással. A hagyományos preferenciaalapú megközelítésben ilyen probléma nem keletkezhet, mert – a pszichológiai irodalom kifejezése szerint – a preferenciák integráltak.

Saját keretünkben azonban egy ellentmondást kiküszöbölő mechanizmust vagy metamechanizmust kell feltételezni. Két metamechanizmust javasolunk. 1. Fizess adót, ha a kettő közül bármely (első szintű) heurisztikán alapuló döntési szabály ezt sugallja! 2. Fizess adót, ha mindkét (első szintű) heurisztikán alapuló döntési szabály ezt sugallja! Mindkét metasabály intuitíve kézenfekvő, ezért feltesszük, hogy adott arányban oszlanak el a népességben.

Algoritmusunk kilenc pontból áll:

1. Készítsünk I számú ágenset, akik közül s_0 csalóként lép a modellbe!
2. Rendeljünk az ágensekhez u_i elégedettségi szinteket μu várható értékű és σu szórási normális eloszlás szerint!
3. Adjuk meg az ágensek környezetét: $N_i \subset N$ minden i -re, d átmérő szerint!
4. Számítsuk ki a közjószág X mennyiségét az egyes ágensek bevallása, a θ adókulcs és a közjószág ω hatékonysága szerint!
5. Határozzuk meg az ágensek u_i hasznosságát, összeadva a saját és a közösségi fogyasztásból nyert hasznosságokat.
6. Kezdjük új periódust: $t = t + 1$!
7. Frissítsük fel az ágensek v_i , t stratégiáját!

8. Zajosítsuk az előbbi stratégiákat!

9. Iteráció 5., 6., 7. lépésre, amíg a stratégiák „aggregáltak” nem stabilizálódnak.

Az eredmények az alábbiakban foglalhatók össze. Mivel az eredetileg adócsaló vagy eredetileg adófizető jelleg nem változik az időben, és ez határozza meg döntő módon az adófizetői magatartásukat, ezért az eredetileg adócsalók és a végül adócsalók aránya közti korreláció nagyon erős: 0,8. Ebből következik, hogy a második mutató varianciáját döntően az első mutató varianciája magyarázza. Sőt a regressziós egyenes meredeksége 1,07; amely 1 százalékos szignifikanciaszinten nem különbözik 1-től. Ezért úgy döntöttünk, arra összpontosítjuk figyelmünket, hogyan függ az adócsalók végső és az eredeti aránya közti különbség – nevezzük „csalási torzításnak” – a paramétereink (elégedettségi szint, társadalmi közelség, adókulcs és társadalmi hatékonyság) közti kapcsolattól. Ha a torzítás pozitív, akkor az adócsalás mértéke hosszú távon nő. A torzítás átlaga kissé negatív volt: -5,9 százalék.

Az elégedettségi szintnek lineáris hatása van a csalási torzításra. Lineáris becslést alkalmazva 0,1-gyel emelve az elégedettségi szintet, 3,8 százalékponttal nőtt a csalási torzítás. Nem meglepő, hogy a gazdagabb társadalmak (a készletéhez viszonyítva) könnyebben megbirkóznak az adócsalással: a -0,5 elégedettségi szinthez -25 százalékos csalási torzítás tartozik. Nagyon nagy eredeti csalási arány ($s_0 > 80$ százalék) esetén azonban az adócsalás problémája tartós. Azt is megfigyeltük, hogy ha a vágyak kevésbé szóródnak, akkor csökken az adócsalási torzítás. A környezeti méret szintén monoton növekvően hat az adócsalási torzításra, de nem lineárisan. Ellentétben az intuícióval, minél nagyobb az ismeretségi háló, annál nehezebb megszabadulni az adócsalástól. A hatás csökkenő hozadékú. A közösségi hatékonyság hatása a csalásra szintén lineáris.

Végül az adókulcs bonyolult kapcsolatban van az adócsalási torzítással. Az adókulcsot 5-ről 25 százalékra emelve, a csalás gyakorisága még csökkenhet is. Emellett a [45, 55] és a [85, 100] százalékos szakaszon a hatás elenyésző. Azt találtuk, hogy az átlagos elégedettségi szint, a környezeti méret és a közösségi hatékonyság között nincs kölcsönhatás. Ugyanakkor kis adókulcs segít az adócsalás csökkentésében, ha az elégedettségi szint alacsony, és árt, ha a szint magas. Kézenfekvő magyarázat: magas elégedettségi szint azt vonja maga után, hogy a magánfogyasztás alacsony, ezért a „szegény” társadalomnak több kormányzati kiadásra van szüksége, így a nagyobb adók teszik elégedetté az adófizetőket.

Szimulációink érdekes tulajdonsága, hogy bizonyos ágensek kevert viselkedést követnek: minden időszakban adócsalóból adófizetővé válnak, és fordítva. Képzeljük el, hogy egy adócsaló egy adófizető szomszédságban él. Egy időszakban ezért befizeti az adóját, de emiatt elégedetlenné válik, ezért visszatér az adócsaláshoz. De ekkor meg az elégedettségi szint fölé kerül, és környezete továbbra is adófizető marad, a külső és belső ösztönzés megint adófizetővé tereli. Hasonló történet mondható el olyan eredetileg adócsalóról, aki adócsaló környezetben tevékenykedik. Átlagosan ezek aránya kicsi, de nem elhanyagolható: 7,9 százalék.

Laffer-görbék. Most heurisztikán alapuló modellünkben megvizsgáljuk a Laffer görbékét (azaz az adókulcs és az adóbevétel kapcsolatát). Bár az adócsalás és az adókulcs közötti kapcsolat növekvő jellegű, nem elég erős, hogy elnyomja a növekvő adókulcs bevételemelő hatását. Ezért az adóbevétel az adókulcsnak növekvő függvénye, és a kapcsolat közel lineáris. E hatás kvalitatíve reprodukálható, ha egy vagy több paraméterértéket rögzítünk.

Alacsonyabb elégedettségi szintek, erősebb homogenitás, gyengébb kohézió és nagyobb társadalmi hatékonyság egyre meredekebb, de közelítőleg lineáris Laffer-görbéhez vezet.

Irodalom

Az alfejezet nagy mértékben Méder-.Simonovits-Vincze (2012) alapján készült.

Ágensalapú pénz és tőkepiaci modellek

A következőkben ágens-alapú pénzügyi modellekről lesz szó. Fontos megjegyezni, hogy ez az irodalom rokona ugyan, de nem azonos a „viselkedési pénzügytan” nevű irányzattal, ami a viselkedési közgazdaságtanhoz tartozik. A rokonság néha nagyon erős, és a megkülönböztetés nem mindig könnyű. Az ágens-alapú pénzügyi modellek az úgynevezett Santa Fé Mesterséges Részvénypiaci modellel kezdődtek. Ez a modell szellemében nagyon hasonlít a korábban vizsgált El Farol modellhez, nem véletlenül, mivel ugyanazok vettek részt a kialakításában. A kereskedők meg akarják jósolni, hogy a piacon mekkora lesz a kereslet (vagyis mekkora az ár), a stratégiáik tulajdonképpen predikciók. Ha nagy keresletet jósolnak, akkor vesznek, ha kicsit, akkor eladnak. Predikciós stratégiáikat az adatok függvényében változtatják. A pénzügyi piacokon azonban a piaci mechanizmus sokkal komplexebb, és nehezebben modellezhető, mint a bár látogatás esetében, itt tehát sok nem triviális problémát kell megoldania a modellezőnek, annak függvényében is, hogy pontosan milyen piactól van szó.

A Santa Fé piac (LeBaron (2006))

A modellben egy kockázatmentes aktíva és egy részvény van. Az ágensek portfólió keresletét egyértelműen meghatározza a részvény jövőbeli árának várható értékére és varianciájára vonatkozó várakozásaik. Minden időpontban minden ágens rendelkezik egy aktív lineáris előrejelző szabállyal, amelyet használ az előrejelzéshez. A szabály a lineáris szabályok egy halmazából kerül, és változik annak függvényében, hogy milyen mértékben volt sikeres a múltban. A modell kulcsa az a feltevés, hogy ha adottak az előrejelzések, akkor az ágensek kereslete a jelenlegi ár függvénye. A jelenlegi ár úgy alakul ki, hogy a kereslet megegyezzen a kínálattal. A Santa Fé piac tehát nem szakított teljesen a hagyományos elmélettel, annak egy régi formáját (időleges egyensúly) alkalmazza a modern intertemporális egyensúly fogalom helyett.

Modellezési kérdések a pénzügyi modelleknél

Motívumok vagy preferenciák

Sokan választják azt, hogy statikus hasznossági függvényeket tulajdonítanak az ágenseknek, olyanokat, amelyek esetében a viselkedés (keresleti függvény) explicite kifejezhető. Itt is láthatjuk, hogy létezik átmenet a hagyományos gondolkodás és az ágens-alapú modellezés között. Mások viszont az ágensek motivációjának egyszerűen a nyereséget tekintik, amelyet úgy vesznek figyelembe, hogy az egyes stratégiák változtatásánál (tanulás, adaptáció) törekszenek arra az ágensek, hogy a nagyobb profitot eredményező stratégiákat válasszák.

Ár meghatározás

Négy módszer fedezhető fel az irodalomban. 1. Időleges egyensúlyi ár (lásd Santa Fé modell), 2. A részvénypiaci ár meghatározási mechanizmus (order book) részletes modellezése. 3. Véletlen találkozások és hatékony alkudozás. 4. Piacvezető, aki kiegyenlíti a kereslet és kínálat egyensúlytalanságait, és a túleresletnek vagy túlkínálatnak megfelelően változtatja az árat.

Információ reprezentáció

Itt a probléma az, hogy milyen formájú a stratégia. Egyszerű lineáris szabályok mellett használnak neurális hálókat, valamint úgynevezett klasszifikációs rendszereket is (classifier systems).

Tanulás, adaptáció

Általában a genetikus algoritmus valamelyik változatát használják. Ugyanakkor a tanuláshoz gyakran van társadalmi, nemcsak egyén aspektusa is. (A genetikus algoritmus mindkét módon használható.) Egy speciális modell tartalmaz a Giardina-Boucheaud (2008) tanulmány. A modell alapkérdése: létrejöhetnek-e buborékok. Ebben jól tanulmányozhatók az információ és stratégiák kezelése, a döntések és átalakulás, valamint a stratégiák frissítése (tanulás). A modell parametrizációja, a validálás és a szimulációk is példamutató.

Ágensalapú árazási és piaci modellek

A következőkben parciális árpiaci ágens-alapú modellekről lesz szó. Az árpiacokat más fizikai jellegzetességek, és ennek megfelelően más piaci mechanizmusok jellemzik általában, mint a pénz és tőkepiacokat. A következő szakasz tárgyalja az általános, nem parciális modelleket, ahol a különböző piacok kölcsönhatásban vannak egymással.

Árampiacok

A privatizált árampiacok egy kedvelt célpontja volt a gyakorlatilag is hasznosítható ágens-alapú modellezésnek. A piac fizikai mechanizmusa komplikált, de elég pontosan leírható. A költségfüggvény és az árazás is nemlineáris. A Nash-egyensúlyi stratégiák megtalálása egy külső szemlélőnek is lehetetlen, ezért általában tanuló algoritmussal alakítják ki a modellbeli stratégiákat.

Szállítási modell (Zhang et al. (2008))

A teljes modell három komponensből áll: keresleti, árazási és kapacitásépítés almodellek.

Keresleti almodell

Egy (zsúfolt) hálózaton a kereslet természetesen figyelembe kell vegye mások viselkedését, illetve az arra vonatkozó várakozásokat is. (Lásd az El Farol probléma.) Itt az ágenseknek egyedi döntési szabályai vannak, amiket tanulnak és adaptálódnak az időben. Kétféle tanulás van a modellben: csinálva tanulás (learning by doing), és információból tanulás. A keresleti modellhez felhasználják az úthálózatok fizikai adottságaiból következő tulajdonságokat (pl. léteznek csomópontok stb.).

Úthasználati díj almodell

A közutakon a díj exogén, a magánutakon modellezik a viselkedést. Parabola profitfüggvényeket identifkálnak a közelmúlt adatai alapján, és ezt maximálják az úttulajdonosok. Mivel a körülmények változnak, a profitfüggvények és így az útdíjak is változnak az időben.

Kapacitás almodell

A kapacitásdöntéseket egy nyolc lépésből álló heurisztikus procedúra határozza meg, amit úgy lehet tekinteni, hogy a beruházás gazdaságosságát igyekszik megragadni bizonyos

leegyszerűsített (szélsőséges) körülmények között. A kapacitás döntések más időskálán vannak, mint az egyéb döntések: kapacitásváltoztatást csak évente egyszer fontolnak meg. Ez és az előző példa is mutatja, hogy a hálózati gazdaságtani problémák azok, ahol nyilvánvalóan nagy szerepe lehet az ágens-alapú megközelítésnek.

Piaci mechanizmusok összehasonlítása (Kirman-Moulet (2012))

Megfigyelhető, hogy különböző helyeken – sőt néha ugyanott is – különböző halpiaci mechanizmusok érvényesülnek. Itt két gyakori mechanizmust – alku és aukció – vizsgálunk ágens-alapú keretben, arra keresve választ, hogy mikor melyik kialakulására van nagyobb esély.

Az ágensek „ha, akkor” típusú szabályokat alkalmaznak, amiket megerősítéses tanulással változtatnak, de a megerősítéses tanuláshoz egy logit szabállyal bizonytalanságot (mutációt) is tapasztalhatunk. Ismét ugyanaz a mechanizmus, mint az Ising modellnél, de tanulási megközelítésben ez a „kihasználás-keresés” elvnek is tekinthető. Alacsony hőmérsékletnél kihasználás, magas hőmérsékletnél keresés. A modell kalibrálásához a „szimulált edzés” módszerét, mint becslési technikát használták fel.

Ármerevség oligopóliumban (Somogyi-Vincze (2011))

Ez a tanulmány az oligopolista árazás problémáját vizsgálja ágens-alapú modellben. Ismeretes, hogy a hagyományos ismételt oligopol játékokban nagyon sok egyensúly létezik. Továbbá ez az elmélet nem tud – legalábbis jelentős fix árigazodási költségek nélkül – ármerevséget produkálni. (Ha a költségek inflálódnak az árakat is azonnal igazítják.) Az ágens-alapú modell, amelyben a vállalatok az evolúciós tanulás egy specializált változatát követték, két fontos eredményt hozott: nem-triviális ármerevség, és korlátozott racionalitás (a profitok általában a Nash-egyensúlyi profit és a kollúzív (maximális) profit között mozogtak. A 2. Függelék tartalmazza a modell MATLAB programját.

8 Ágensalapú makromodellek

Több ágens alapú makroökonómiai modell létezik az irodalomban. Itt a legismertebb modellcsalád egy reprezentatív tagjáról lesz szó, Delli Gatti et al. (2011) alapján. Ez a makromodell a hagyományos makromodellekhez képest ágens szinten nem aggregált, termékszinten igen, és, ellentétben az eddig tárgyalt parciális modellekkel, a gazdaság teljes körforgását ábrázolja.

A BAM modell

A környezet

A modellben többfajta ágens van: vállalatok, bankok, háztartások, kormány. Ezek interakciói több piacon történnek: áru piac, munkapiac, hitelpiac.

Az események sorrendje

1. A vállalatok döntenek a termelésről és az árakról, miután adaptíven módosították keresleti előrejelzéseiket.
2. A munkapiacra a vállalatok közzéteszik, hogy hány munkást akarnak felvenni és milyen bér mellett. A munkások bizonyos számú vállalattal találkoznak, és a legtöbbet ígérőhöz mennek, ahol fix hosszúságú szerződést kötnek.
3. A vállalat vagy kifizeti a béreket a saját forrásaiból, vagy pedig a decentralizált hitelpiacra megy. A vállalatok bizonyos számú bankkal találkoznak, és avval kötnek szerződést, amelyik a legalacsonyabb kamatot kéri. A kamatokot a bankok a vállalatok pénzügyi helyzete (hitelképessége) alapján határozzák meg. A hitelek kínálata korlátos, ha a vállalatok hiteligenye kielégítetlen marad, akkor vagy elbocsátanak munkásokat, vagy pedig egyeseket mégsem foglalkoztatnak.
4. A vállalatok termelnek, majd meghatározzák áraikat. A fogyasztók találkoznak a vállalatokkal, és a legolcsóbbat választják. Előfordulhat, hogy túlkereslet van, de az is, hogy túlkínálat. Az áru nem tartható készleten.
5. A vállalatok jövedelmükből kifizetik az adósságot és a kamatokot – ha tudják – valamint osztalékot fizetnek a háztartásoknak. Amennyiben marad még jövedelmük, azt felhalmozzák, és növelik a nettó értéküket. A fizetéseképtelen vállalatok és bankok csődbe mennek és bezárnak.
6. Ugyanannyi új bank és vállalat keletkezik, mint amennyi bezárt.

A piacok működése

A munkapiac

Lineáris termelési függvény és a keresleti előrejelzés meghatározza a kívánt foglalkoztatást. Az új munkakereslet a kívánt foglalkoztatás és a meglévő munkaszerződések számának különbsége. Nominális bérajánlatokat tesznek a vállalatok, amelyek a múltbeli bérekből indulnak ki, de növelik azokat. A háztartások munkakínálata rugalmatlan, de a legjobb bérajánlatot fogadják el. Létezik (indexált) minimálbér, és a bérajánlatokat pénzügyi illúzió (nem reálértékekben gondolkodás) jellemzi.

A hitelpiac

Minden bank a tőke megfelelési mutatójának megfelelő hitelmennyiséget kínál. A piaci mechanizmus hasonló a munkapiachoz, keresés és illeszkedés, ahol a legjobb kamatajánlatot fogadják el a vállalatok. Kamatajánlataikat a bankok úgy határozzák meg, hogy felszorozzák a monetáris politika által meghatározott kamatlábat egy olyan tényezővel, ami egyrészt a bank idioszinkratikus költségeitől, másrészt pedig az egyes vállalatok hitelkockázati besorolásától függ. Az utóbb a vállalat nettó értékének a függvénye.

A jószágpiac

A vállalatok árazási politikája három tényező függvénye: átlagköltség, a piaci átlagár, és az előző időszak túlkereslet. A fogyasztókat egy az óvatossági motívummal jellemezhető fogyasztási függvény jellemzi.

Egy megtakarítási modell (Varga-Vincze (2016, 2019))

A következőkben bemutatott modell a makroökonómiai modellek egy nagyon fontos elemére, a megtakarítási szabályra koncentrálna, azt vizsgálja, hogy az adaptív viselkedést feltételező ágensalapú megközelítés képes-e a makromodellek számára hozzátenni valamit arról, hogy milyen megtakarítási szabályt célszerű feltételezni, illetve azoknak milyen következményei vannak. Tudásunk szerint az adaptív megközelítést a megtakarítási magatartás szempontjából eddig nem alkalmazták ágensalapú modellekben. A kérdés pedig érdekes, és nem triviális, hiszen mind a hagyományos, mind az újabb modellek anélkül feltételezik látszólag „alacsonyabb rendű” viselkedési formák létét, hogy ezek hosszú távú fennmaradását magyarázzák.

A fogyasztási–megtakarítási döntések empirikus modellezői régóta foglalkoztak az egyének közti heterogenitás problémájával. Vannak, akik hagyományosan két csoportra osztják az egyéneket (háztartásokat): egyrészt azokra, akik a hosszú távon hasznosságot maximalizáló fogyasztó – eredetileg Irving Fisher által megfogalmazott – elméletének megfelelően cselekszenek (racionális ágensek), másrészt azokra, akik – látszólag – rövidlátó módon mindig annyit fogyasztanak, amennyit csak tudnak. A különböző elméletek az utóbbiakat illetően lényegében csak annyiban térnek el egymástól, hogy rövidlátásnak, egyszerű irracionitásnak vagy likviditási (hitel) korlátoknak tulajdonítják ezt a viselkedést. Az utóbbi évtizedek viselkedési közgazdaságtani modelljei a rövidlátás és irracionitás modellezésére törekedtek, és különböző elméletek alakultak ki ennek magyarázatára. Ezek közül leginkább talán a hiperbolikus diszkontálás modellje terjedt el, amellyel az utóbbi időben gyakran elemzik a megtakarítási döntéseket, de megjelentek olyan elméletek is, amelyek a korlátozott kognitív képességeket hangsúlyozzák. Léteznek olyanok is, amelyek az emberi psziché belső inkonzisztenciájának feltevésén nyugszanak. Mindezek az elméletek a racionális és irracionális megtakarítási viselkedés perzisztens együttéléséhez vezetnek, de nem magyarázzák meg, hogy a (kulturális) evolúció miért nem képes kirádirózni egy látszólag alacsony hatékonyságú viselkedési mintát.

A racionális (fogyasztássimító és előrelátó) viselkedésnek több változata létezik az irodalomban. A korai elméletek nem foglalkoztak a jövedelem nem diverzifikálható kockázataival, ezért a fogyasztók kockázatviselő képessége nem játszik különösebb szerepet ezekben a modellekben. Egy általános eredmény, hogy ilyen feltételek mellett a vagyon nem stacionárius, illetve a fogyasztás véletlen bolyongást követ végtelen időszakra tervező háztartás esetében. Az ilyen fogyasztók permanensjövedelem- sokkokra vonatkozó fogyasztási határhajlandósága jóval nagyobb, mint az átmeneti sokkokra vonatkozó

fogyasztási határhajlandósága. Empirikus tanulmányok egy része azt próbálja igazolni, hogy a háztartások egy részét valóban ehhez hasonló magatartás jellemzi.

Olyan elméletek is születtek, amelyek kiemelik a munkajövedelmek nem diverzifikálható kockázatát és a véges élettartam jelentőségét is. Ezek fontos szerepet szánnak a kockázatelutasításnak, sőt a prudens módon felállított preferenciáknak. Az empirikus fogyasztási függvény irodalmának egyik legismertebb eredménye a puffer modell, amely egy – a hagyományos elméletből levezetett – nem parametrikus empirikus fogyasztási függvény. Az eredmény úgy foglалható össze, hogy a prudens preferenciákkal és viszonylag jelentős nem diverzifikálható munkajövedelem-kockázattal rendelkező háztartások vagyon/jövedelem arányukkal jellemezhető vagyonpuffer fenntartására törekszenek (például a vagyonpuffer a féléves jövedelemnek feleljen meg). Ha a puffer túl nagy, akkor többet fogyasztanak a szokásosnál, ha túl kicsi, kevesebbet.

Megtakarítási szabályok ágensalapú makromodellekben

A makroökonómiai ágensalapú modelleknek természetesen tartalmazniuk kell valamilyen megtakarítási szabályt is. Mivel ezekben a modellekben általában nincsenek hasznossági függvények, a modellezők az empirikus irodalomra hivatkozva igazolják választásukat. *Dosi es szerzőtársai* [2013] például annak a stilizált ténynek alapján, hogy a fogyasztás jól „nyomon követi” a folyó jövedelmet, azzal a feltevéssel él, hogy a háztartások minden időszakban igyekeznek a teljes folyó jövedelmüket elfogyasztani, azaz mintha a fogyasztók alapvetően rövidlátók lennének. Egy másik jól ismert stilizált tény a fogyasztási függvény konkávitása, vagyis az a megfigyelés, hogy a megtakarítási határhajlandóság a rendelkezésre álló források növekvő függvénye. Ilyen fogyasztási függvényt specifikál például a az előzőekben vizsgált BAM Egyre több olyan ágensalapú modell van, amely a pufferelméletből indul ki

A három típus es versenyük

Az elmondottak alapján a háztartások három – a szakirodalom által azonosított – típusa rajzolódik ki, amelyek „léte” vannak bizonyítékok is. Ez a három típus eléggé különbözik egymástól ahhoz, hogy kvalitatíve különbözőknek tekintsük őket.

1. Permanensjövedelem-típus. Ez a fajta háztartás hosszú távon tervez, igyekszik előre jelezni a jövedelmét, valamint a fogyasztását simítani, szükség esetén hajlandó a megtakarításra is, és a hitelfelvételre is.

2. Prudens típus. Ez a háztartás prudens módon tartalékol, de amennyiben túlzottan nagyok a tartalékai, hajlandó leépíteni azokat. Bár mindig pozitív vagyon elérésre törekszik, véletlenszerűen előfordulhat, hogy adósságot vállal, ám ezt igyekszik minél hamarabb törleszteni.

3. Rövidlátó típus. Nem törődik a jövővel, a fogyasztás rövid távú maximalizálására törekszik. Ha ehhez hitelt kell felvennie, megteszi, de mintegy véletlenszerűen előfordulhat az is, hogy feleslege van, és vagyont is felhalmozhat. Ez a három típus nem adódik szigorúan a hasznosságmaximalizáló modellek típusaiból, csak hasonlít hozzájuk. Mivel nem tételezünk fel hasznossági függvényt, nem kérdezhajjuk azt, hogy szubjektíve megéri-e valamilyen típusúnak lenni, viszont megvizsgáljuk, hogy hosszú távon megéri-e. A „fittségi” kritériumunk az időbeli átlagos fogyasztás, feltesszük, hogy létezik egy olyan adaptációs

evolúciós mechanizmus, amely a hosszú távú fogyasztás szempontjából eredményesebb viselkedési mintákat terjeszti a társadalomban.

Milyen hátrányai és előnyei lehetnek az egyes típusoknak? A rövidlátó típusnak várhatóan alacsony nettó tőkéje lesz hosszú távon, s emiatt fogyasztása sem lehet nagyon magas, hosszú távú fennmaradása erősen kétségesnek tűnik, ha az adaptáció kényszere nagy. A permanensjövedelem-típusú fogyasztó józanul törekszik vagyona szinten tartására, azaz stabil fogyasztást igyekszik biztosítani magának. Véthet azonban hibákat a jövő előrejelzésénél, ami költséges lehet, továbbá mivel ő is szívesen vesz fel hitelt, összességében nem biztos, hogy tőkejöveldelme nagyon nagy lesz. A prudens háztartás biztonságra törekszik, akkor is módja lesz eladósodás nélkül fogyasztani, ha a munkajöveldelme alacsony, de lehet, hogy túlzottan takarékos, keveset fogyaszt ahhoz képest, hogy mekkora vagyont tart „fölöslegesen”.

Kérdés az is, hogy milyen „társadalmi” hatást fejtenek ki az egyes típusok. Első látásra egy prudens fogyasztó társadalmi (másokra való) hatása pozitív, míg egy rövidlátó hatása negatív, amennyiben az első növeli, a második pedig csökkenti a társadalmi tőkét, és ezáltal a munka termelékenységét is. Nem triviális, hogy lehetséges-e együttélésük, és milyen hatással jár. Az ágensalapú modellek csak egyetlen típus létét tételezik fel, ami nagyon valószínűtlen. Szinte minden vizsgálat azt bizonyítja, hogy léteznek prudens háztartások, de hogy csak ilyenek léteznének, azt cáfolni látszik a háztartások néha jelentős eladósodása. Nehezen hihető az is, hogy csak rövidlátó fogyasztók vannak, hiszen minden társadalomban vannak hosszú távon is pozitív megtakarítók.

A három típus konkrét modellezésekor számos kérdést kell tisztáznunk. Például a rövidlátó fogyasztónál valahonnan származtatni kell a fogyasztási célt, a prudens ágensnél a kívánt vagyonpuffer nagyságát, a permanensjövedelem-típusnál pedig azt, hogy miként határozza meg permanens jöveldelmét. A modell részletes leírásánál adunk választ ezekre a kérdésekre. Az egyes típusok közötti verseny mellett feltételezni fogjuk, hogy léteznek „bizonyos” altípusok, közöttük verseny zajlik, és az egyes típusokon „belül” kiválasztódási mechanizmus érvényesül.

A modell

A modell technikai vázát az úgynevezett Bewley-típusú modellektől vettük át (*Bewley* [1980]). Ezeket a modelleket főként azért tanulmányozták, hogy mit lehet mondani a makromodellek egyensúlyáról nem teljesen piaci körülmények között. A modellben egyéni technológiai bizonytalanság létezik, de aggregált technológiai bizonytalanság nem. Kétfajta megtakarítási lehetőség van benne: fizikai tőke és magánhitel. Az itt tárgyalt modellt a hagyományos Bewley-típusú modellektől megkülönbözteti az aktívapiacok kezelése és a fogyasztói viselkedés modellezése.

A termelési-elosztási oldal

Létezik N *ex ante* azonos háztartás, amelyek mindegyike végtelen élettartamú. Minden háztartás (homogén) munkakinálatát azonos, kétállapotú Markov-lánccal jellemezzük, amelynek az átmenetmátrixa:

	L_1	L_2
L_1	p	$1 - p$

L_2	$1-q$	q
-------	-------	-----

ahol $L_1 < L_2$.

Az egyéni munkakínálati folyamatok egymástól függetlenek. Az aggregált termelési függvény Cobb-Douglas:

$$Y_t = K_t^\alpha L_t^{1-\alpha}$$

$$L_t = \sum_{k=1}^N L_{tk}$$

$$K_t = \sum_{k=1}^N K_{tk},$$

a tőke periódusonként delta mértékben használódik el.

Tudjuk, hogy a Markov-folyamat paraméterei meghatározzák az aggregált munkakínálatot és a maximális fogyasztást biztosító megtakarítási ráta megegyezik a tőke koefficiensével a termelési függvényben. Tehát az aranykori tőke és munka:

$$K = \left(\frac{\alpha}{\delta}\right)^{\frac{1}{1-\alpha}} L$$

$$C = (1-\alpha)K^{1-\alpha}L^\alpha$$

A béreket (w_t) és a tőke járadékát (r_t^K) az alábbi összefüggések határozzák meg:

$$w_t = \frac{(1-\alpha)Y_t}{L_t}$$

$$r_t^K = \frac{(1-\alpha)Y_t}{K_t}$$

A nettó vagyon (A_{tk}) és folyó jövedelem (I_{tk}) minden ágens számára:

$$A_{tk} = K_{tk} + B_{tk} - D_{tk}$$

$$I_{tk} = w_t L_{tk} + (r_t^K - \delta)K_{tk} + r_t(B_{tk} - D_{tk}),$$

ahol r_t a kamatláb, $B_{tk} \geq 0$ a nyújtott hitel és $D_{tk} \geq 0$ az adósság. Használni fogjuk a „cash-in hand” (TW) fogalmát:

$$TW_{tk} = A_{tk} + I_{tk}.$$

Minden ágens megtervezi a fogyasztását, majd végrehajtja a tervet, ha van hozzá forrása. Ha nincs akkor hitelért folyamodik. Mivel van adósság korlát nem biztos, hogy teljesül a terve.

$$C_{tk}^P \geq TW_{tk}$$

akkor

$$C_{tk} = C_{tk}^P,$$

és

$$W_{t+1,k} = TW_{tk} - C_{tk},$$

és nincs adósság kereslete. Egyébként

$$W_{t+1,k} = 0$$

$$C_{tk} = \min(C_{tk}^P, TW_{tk} + \overline{D_{t+1}}),$$

ahol $\overline{D_{t+1}}$ az adósságkorlát. Ez utóbbi esetben:

$$D_{t+1,k} = \min(\overline{D_{t+1}}, C_{tk}^P - TW_{tk}) \geq 0.$$

A hitelkorlát a „legrosszabb” munkajövedelem valamilyen százaléka:

$$\overline{D_{t+1,k}} = \kappa w_t L_1,$$

ahol κ egy paraméter.

A kamatlábat az alábbi összefüggés határozza meg:

$$r_{t+1} = \omega_t \left(\frac{D_t}{Y_t} \right)^2 + r_t^K - \delta.$$

Itt $\omega_t \in (0, \bar{\omega})$ véletlen változó. Ha a megvalósíthatósági feltétel

$$\sum_j W_{t+1,j} \geq \sum_j D_{t+1,j}$$

teljesül a hitelkínálat konzisztens a kereslettel. Ekkor

$$B_{t+1,k} = W_{t+1,k} \frac{\sum_j D_{t+1,j}}{\sum_j W_{t+1,j}},$$

$$K_{t+1,k} = W_{t+1,k} - B_{t+1,k}.$$

A háztartások típusuk szerint határozzák meg fogyasztási terveiket.

Prudens típus

Ezek a háztartások puffert megtakarítók. Úgy igazítják fogyasztásukat, hogy egy vagyon/permanens jövedelem arányt érjenek el

$$\psi_{tk} = \frac{A_{t+1,k}}{\tilde{E}_{tk}(LW_k)}.$$

Ez az arány (ψ_{tk}) egy olyan jellemvonás, ami endogén módon alakul. (Lásd később.) A permanens jövedelem definíciója:

$$\tilde{E}_{tk}(LW_k) = \tilde{E}_{t-1,k}(LW_k) + (1 - \sigma)w_t L_{tk}, \quad \text{ahol } 0 < \sigma < 1,$$

Ekkor

$$C_{tk}^P = \max\left(0, TW_{tk} - \psi_{tk} \tilde{E}_{tk}(LW_k)\right).$$

Permanens-jövedelem típus

Ezek a háztartások arra törekszenek, hogy teljes (fizikai és emberi) tőke vagyonukat állandó szinten tartsák:

$$C_{tk}^P = \max\left(0, o_{tk}((r_t^K - \delta))K_{tk} + r_t(B_{tk} - D_{tk}) + \tilde{E}_{tk}(LW_k)\right),$$

ahol o_{tk} egy optimizmus paraméter, ami szintén endogén.

Rövidlátó típus

Ezek a háztartások egy Erdős – Rényi véletlen gráfon helyezkednek el, tehát vannak szomszédai. Megfigyelik szomszédai fogyasztását és a következő időszakban az alábbi formula alapján terveznek:

$$C_{tk}^P = d_{tk} \max(0, C_{tk}^{max}),$$

ahol C_{tk}^{max} a maximális szomszéd fogyasztás, és d_{tk} egy fogyasztási ösztön paraméter.

Tehát mondhárom típusnak vannak altípusaik. Az ágensek fittségét a múltbeli kumulatív fogyasztás határozza meg az alábbi formula alapján:

$$U_{tk} = \lambda U_{t-1,k} + (1 - \lambda) C_{tk}, \quad 0 < \lambda < 1.$$

Minden periódusban kis valószínűséggel egy ágens típust-altípust válthat. Ha megvan erre a lehetőség, akkor megfigyeli szomszédai fittségét, és választ a legjobb három ($U_{t-1,pr(k)}^*$, $U_{t-1,pi(k)}^*$, $U_{t-1,my(k)}^*$, minden típusból egy-egy) közül az alábbi véletlenített döntési szabálynak megfelelően, A típusa (τ, st) ($\tau \in \{pr, pi, my\}$) lesz

$$Pr(type_k(k) = \tau, st) = \frac{\exp\left(\frac{U_{t-1,\tau(k)}^*}{\Gamma}\right)}{\exp\left(\frac{U_{t-1,pr(k)}^*}{\Gamma}\right) + \exp\left(\frac{U_{t-1,pi(k)}^*}{\Gamma}\right) + \exp\left(\frac{U_{t-1,my(k)}^*}{\Gamma}\right)},$$

valószínűséggel. Itt egy nagyon nagy $\Gamma > 0$ (hőmérséklet) azt jelenti, hogy a döntés gyakorlatilag véletlenszerű, kis Γ esetén pedig szinte biztosan a legjobb kerül kiválasztásra. Mutáció történhet minden egyes altípusban minden periódusban kis valószínűséggel.

Irodalom:

A fejezet Delli Gatti et al. (2013), és igen nagy mértékben Varga – Vincze (2014,2018) alapján készült.

9 Hivatkozások

- Arifovic, J. (2000) Evolutionary Algorithms in Macroeconomic Models, *Macroeconomic Dynamics*, 4, 373--414.
- Benedek, Gábor (2005) *Evolúciós gazdaságok szimulációja*, Akadémiai Kiadó.
- Bernheim, Douglas - Antonio Rangel (2004) "Addiction and Cue-Triggered Decision Processes," *American Economic Review*, 1558--90.
- Bewley, Truman F. (1998) Why Not Cut Pay? *European Economic Review*, May, 42(3-5), 459-90. [http://dx.doi.org/10.1016/S0014-2921\(98\)00002-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0014-2921(98)00002-6)
- Bloomquist, K. M. (2006). A comparison of agent-based models of income tax evasion. *Social Science Computer Review* 24/4, 411-425.
- Brenner Brenner, Th.(2006) Agent Learning Representation: Advice on Modelling Economic Learning,, in: Leigh Tesfatsion -- Kenneth L. Judd (ed.), *Handbook of Computational Economics*, 2. kötet, 18. fejezet.
- Camerer, C. (2003) *Behavioral Game Theory*, Princeton University Press.
- Camerer, C., G. Loewenstein és M. Rabin (szerk.) (2004) *Advances in Behavioral Economics*, Princeton University Press.
- Dawkins, R. (2006). *The selfish gene: with a new introduction by the author*. UK: Oxford University Press
- Delli Gatti, D.-Desiderio, S. -Gaffeo, E.- Gallegati, M. - Cirillo,P. (2011): *Macroeconomics from the Bottom-up*, Springer Verlag.
- Duffy, J. (2006) Agent-Based Models and Human Subject Experiments, *Handbook of Computational Economics*, in: Leigh Tesfatsion -- Kenneth L. Judd (szerk.), *Handbook of Computational Economics*, 2. kötet 19. fejezet, 949-1011 Elsevier.
- Fehr, Ernst, and Klaus M. Schmidt. (1999). "A Theory of Fairness, Competition, and Cooperation." *Q.J.E.* 114 (August): 817-68.
- Fehr, E., Tyran, J.-R. (2001): Does Money Illusion Matter? *American Economic Review* 91(5): 1239-62. <http://dx.doi.org/10.1257/aer.91.5.1239>
- Fisher, I. (1928), *The Money Illusion*. New York: Adelphi.
- Gigerenzer, G. (2007) *Gut Feelings*, Penguin Books.
- Gigerenzer, G. és W. Gaissmaier (2011) Heuristic decision making, *Annual Review of Psychology*,. 62:451-482.

- Gigerenzer, G. és Selten, R. [eds.] (2002). *Bounded rationality: the adaptive toolbox*. MIT Press.
- Gigerenzer, G., Brighton, H. (2009). Homo heuristicus: Why biased minds make better inferences. *Topics in Cognitive Science*, 1(1), 107-143. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1756-8765.2008.01006.x>
- Gigerenzer, G. (2002) *The Adaptive Toolbox*: In: Gigerenzer, G., Selten, R. [szerk.] (2002). *Bounded rationality: the adaptive toolbox*. MIT Press.
- Gilbert, N. és K. Troitsch (2005) *Simulation for the social scientist*, Open University Press.
- Hartwig, R. és Herzog, S. M. (2009). Fast and frugal heuristics: Tools of social rationality. *Social Cognition*, 27, 661–698.
- Hokamp, S. és Pickhardt, M. (2010). *Income tax evasion in a society of heterogeneous agents – evidence from an agent-based model*. Institute of Spatial and Housing Economics, Working Paper 201035, University of Münster
- Kahnemann, Daniel (2013) *Gyors és lassú gondolkodás*, HVG Kiadó.
- Kahneman, D. - A. Tversky (1979) *Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk*, *Econometrica*, 47(2): 263-292.
- Kirman, A. és Sonia Moulet (2013) *Decentralized negotiations vs. Dutch auctions: An agent-based comparison* (kézirat).
- Knight, F. H. (2012). *Risk, uncertainty and profit*. Courier Corporation.
- Koltay, G. -- Vincze J. (2009) *Fogyasztói döntések a viselkedési közgazdaságtan szemszögéből*, *Közgazdasági Szemle*, 56(6), 495-525.
- Kőszegi, B. és M. Rabin (2006) *A Model of Reference-Dependent Preferences*, *QJE*, 121:4, 113-1165.
- Kőszegi, B. és Szeidl, Á. (2013) *A model of focusing in economic choice*, *Quarterly Journal of Economics* (2013), 128(1); pp. 53-107
- Laibson Laibson, D. (1997) *Golden Eggs and Hyperbolic Discounting*, *Quarterly Journal of Economics*, 62, 443-77.
- LeBaron, B. (2006) *Agent-based Computational Finance*, *Handbook of Computational Economics*, in: Leigh Tesfatsion -- Kenneth L. Judd (szerk.), *Handbook of Computational Economics*, 2. kötet, , 24. fejezet, 1187-1233 Elsevier.
- Méder ZsZ, Simonovits A, Vincze J (2012) *Adómorál és adócsalás - társadalmi preferenciák és korlátozott racionalitás*, *KÖZGAZDASÁGI SZEMLE* 59: (10)1086-1106.
- North, M. és Ch. Macal (2007) *Managing Business Complexity*, Oxford University Press.

Pigou, A.C (1949) *The veil of money*. Macmillan.

Shafir, E.; Diamond, P., Tversky, A (1997) Money illusion, *Quarterly Journal of Economics*, May, 112(2), 341–74. <http://dx.doi.org/10.1162/003355397555208>

Simon, Herbert (1982) Racionális döntés gazdasági szervezetekben, in. Korlátozott racionalitás, 21-59, KJK.

Simon, H. A. (1976) From substantive to procedural rationality, in Spiro J. Latsis, *Method and Appraisal in Economics*, Cambridge: Cambridge University Press: 129-148. <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511572203.006>

Smith, Trenton G. & Tasnadi, Attila (2007). A theory of natural addiction, *Games and Economic Behavior*, vol. 59(2), pages 316-344, May.

Somogyi R, és Vincze J (2011) Price rigidity and strategic uncertainty: an agent-based approach *International Journal of Agent technologies and Systems*, 3: (4)57-69 (2011)

Tesfatsion, L. (2001). "Introduction to the special issue on agent-based computational economics". *Journal of Economic Dynamics and Control* 25, 281--293.

Tesfatsion, L. (2006) Agent-Based Computational Economics: A Constructive Approach to Economic Theory, in: Tesfatsion.L. -- K. L. Judd (szerk.) *Handbook of Computational Economics*, 2. kötet, 16. fejezet, Elsevier. 831-880.

Varga, G., & Vincze, J. (2016) Megtakarítási típusok – egy adaptív evolucionáris megközelítés, *Közgazdasági Szemle*, 63(11), 1097-1114.

Varga, G., & Vincze, J. (2019). Saver types: An evolutionary-adaptive approach. *Society and Economy*, 41(2), 263-287.

Vincze, J. (2018). Szubsztantív vagy ökológiai racionalitás?: A pénzillúzió esete. *Közgazdasági Szemle*, 65(11), 1097-1114.

Weber, B., Rangel, A., Wibral, M., Falk, A. (2009): The Medial Prefrontal Cortex Exhibits Money Illusion. *Proceedings of the National Academy of Science* 106(13): 5025-8. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0901490106>

Zaklan, Georg & Frank Westerhoff & Dietrich Stauffer, (2009). Analysing tax evasion dynamics via the Ising model, *Journal of Economic Interaction and Coordination*. Springer, vol. 4(1), pages 1-14, June.

Zhang, Lei, David M. Levinson, és Shanjiang Zhu (2008) Agent-Based Model of Price Competition, Capacity Choice, and Product Differentiation on Congested Networks, *Journal of Transport Economics and Policy*, Volume 42, Part 3, September, pp. 435–461.

10 Függelék

Adócsalás modell

A kurzus egyik feladata a programok megfejtése lesz.

globals

```
[  
  prec  
  X  
  realI  
  sqI  
  cheaters-perc  
  default-cheaters-perc  
  default-cheaters-perc-ch  
  default-cheaters-perc-nch  
  umax  
  mem-avg  
  mem-def-ch-avg  
  mem-def-ch-ch  
]
```

turtles-own

```
[  
  s  
  default-cheater  
  moral  
  mu  
  u-satisfy  
  u  
  publu  
  privu  
  previousdel  
  duals  
  income  
]
```

links-own

```
[  
  w  
]
```

to startup

end

to make-turtles

```
set realI I  
if Environment = "Grid"
```

```

[
  set sqI precision (sqrt I) 0
  set realI sqI ^ 2
]
if visualize-graph[
  resize-world 0 ((sqrt I) / 0.15) 0 ((sqrt I) / 0.15)
  set-patch-size 0.15 * 550 / sqrt I
  if Environment = "Grid"
  [
    resize-world 0 sqI - 1 0 sqI - 1
    set-patch-size 650 / sqI
  ]
]
crt realI [set color gray + 2]
end

to link-turtles-circular
  let n 0
  let q 1
  while [n < count turtles]
  [
    set q 1
    ask turtle n
    [
      while [q < circular_neighbors + 1]
      [
        create-link-with turtle ((n + q) mod realI)
        set q q + 1
      ]
    ]
    set n n + 1
  ]

  let link-to-1 turtle 0
  let link-to-2 turtle 0
  set q 0
  while [q < circular_plus]
  [
    set link-to-1 turtle (precision (random-float (realI - 1)) 0)
    set link-to-2 turtle (precision (random-float (realI - 1)) 0)
    ask link-to-1
    [
      while [link-to-1 = link-to-2 or link-neighbor? link-to-2] [set link-to-2 turtle (precision
(random-float (realI - 1)) 0)]
      create-link-with link-to-2
      set q q + 1
    ]
  ]
]
end

```

```
to link-turtles-random
```

```
  let q 0
  let link-to-1 turtle 0
  let link-to-2 turtle 0

  while [q < realI]
  [
    set link-to-1 turtle q
    set link-to-2 turtle (precision (random-float (realI - 1)) 0)

    ask link-to-1
    [
      while [link-to-1 = link-to-2 or (((count [link-neighbors] of link-to-2) >= random_max -
1) and link-to-1 < link-to-2) or (((count [link-neighbors] of link-to-2) >= random_max ) and
link-to-1 > link-to-2))] [set link-to-2 turtle (precision (random-float (realI - 1)) 0)]
      create-link-with link-to-2
    ]
    set q q + 1
  ]

  let avg_plus random-float 1
  let random_links floor (realI * (avg_plus + random_avg - 0.5) / 2)
  while [(random_links + realI) > ((realI * random_max) / 2) ]
  [
    set avg_plus random-float 1
    set random_links floor (realI * (avg_plus + random_avg - 0.5) / 2)
  ]
  while [q < random_links]
  [
    set link-to-1 turtle (precision (random-float (realI - 1)) 0)

    while [count ([link-neighbors] of link-to-1) >= random_max] [set link-to-1 turtle
(precision (random-float (realI - 1)) 0)]
    set link-to-2 turtle (precision (random-float (realI - 1)) 0)
    ask link-to-1
    [
      ifelse (any? turtles with [who != link-to-1 and count link-neighbors < random_max])
      [
        while [link-to-1 = link-to-2 or link-neighbor? link-to-2 or ((count [link-neighbors] of
link-to-2) >= random_max)] [set link-to-2 turtle (precision (random-float (realI - 1)) 0)]
        create-link-with link-to-2
      ]
      [
        stop
      ]
    ]
    set q q + 1
  ]
]
```

```

]
end

to link-turtles-grid
  let q 0
  let qq 0
  let link-to-1 0
  let link-to-2 0
  while [q < realI ]
  [
    set link-to-1 q
    ask turtle q
    [
      create-link-with turtle ((q + sqI) mod realI)
      create-link-with turtle ((q + 1) mod sqI + sqI * floor (q / sqI))
    ]
    if Grid_diag
    [
      ask turtle q
      [
        create-link-with turtle (((q + 1) mod sqI + sqI + sqI * floor (q / sqI)) mod realI)
        create-link-with turtle (((q - 1) mod sqI + sqI + sqI * floor (q / sqI)) mod realI)
      ]
    ]
    set q q + 1
  ]
end

to link-turtles
  if Environment = "Circular"[link-turtles-circular]
  if Environment = "Random" [link-turtles-random]
  if Environment = "Grid" [link-turtles-grid]
end

to layout-turtles
  ifelse Environment = "Grid"
  [
    let q 0
    while [q < realI]
    [
      ask turtle q [setxy remainder q sqI floor (q / sqI) ]
      set q q + 1
    ]
    ask turtles [set size 0.5]
  ]
  [
    layout-circle (sort turtles) ((max-pxcor - 5) / 2)
  ]
]

```

```

end

to setup-turtles
  set umax 0

  set moral threshold

  let u-satisfy-uniform random-float 1
  let u-satisfy-uniform-min 1
  let u-satisfy-Pareto 0
  ifelse U-form = "linear"
  [
    set u-satisfy-Pareto random-normal u-limit-avg u-limit-stdev ;(u-satisfy-uniform-min *
(1 - u-satisfy-uniform) ^ (-1 / alpha))
  ]
  [
    set u-satisfy-Pareto random-normal u-limit-avg u-limit-stdev
;set u-satisfy-Pareto (-1) * u-satisfy-uniform-min * (1 - u-satisfy-uniform) ^ (-1 / alpha) + 1
  ]
  set u-satisfy u-satisfy-Pareto

  ifelse random-float 100 < default-cheater-start
  [set default-cheater TRUE
  set s 0]
  [set default-cheater FALSE
  set s 1]
  if randomstart [ifelse random-float 100 < 50 [set s 0] [set s 1]]

  set duals 0
  set income 0
end

to set-links
  set color pink + (w * 10 - 5) * 7 / 10
end

to Setup
  ;; (for this model to work with NetLogo's new plotting features,
  ;; __clear-all-and-reset-ticks should be replaced with clear-all at
  ;; the beginning of your setup procedure and reset-ticks at the end
  ;; of the procedure.)
  __clear-all-and-reset-ticks
  if randomseed [random-seed randomseed-no]
  set cheaters-perc 0
  set mem-avg []
  set mem-def-ch-avg []
  set mem-def-ch-ch []

```

```

set prec 4
set-default-shape turtles "circle"
make-turtles
link-turtles
if visualize-graph [layout-turtles]
ask links [set-links]

ask turtles [setup-turtles]

calc-public-good
ask turtles [calc-util]
ask turtles [calc-neighbors]
visualize

vari-upd
set cheaters-perc precision (count turtles with [s = 0] / I * 100) 2
set mem-avg lput cheaters-perc mem-avg
set mem-def-ch-avg lput (count turtles with [default-cheater] / Reall * 100) mem-def-ch-avg
ifelse count turtles with [default-cheater] > 0 [set mem-def-ch-ch lput (count turtles with
[(default-cheater) and (s = 0)] / (count turtles with [default-cheater] * 100) * 100) mem-def-
ch-ch][set mem-def-ch-ch lput 0 mem-def-ch-ch]
end

to calc-public-good

set X 0.00000001
ask turtles [set X X + tax * s]

end

to calc-util
ifelse U-form = "linear"
[
set privu 1 - tax * s
set publu khi * X / I
]
[
set privu ln (1 - tax * s + 0.0001)
set publu khi * X / I
]
set u privu + publu
set income income + u
end

to calc-neighbors

set mu count link-neighbors with [s = 0]
set mu mu / count link-neighbors

```

```

end

to update-strategy
  ifelse Dynamics = "1/2"
  [
    ifelse default-cheater
    [
      ifelse (u >= u-satisfy) and (mu <= moral)
      [
        ifelse previousdel = 0 [set duals duals + 1] [set duals 0]
        set s 1
        set previousdel 1
      ]
      [
        ifelse previousdel = 1 [set duals duals + 1] [set duals 0]
        set s 0
        set previousdel 0
      ]
    ]
  ]
  [
    ifelse (u < u-satisfy) and (mu > moral)
    [
      ifelse previousdel = 1 [set duals duals + 1] [set duals 0]
      set s 0
      set previousdel 0
    ]
    [
      ifelse previousdel = 0 [set duals duals + 1] [set duals 0]
      set s 1
      set previousdel 1
    ]
  ]
  [
    ifelse (u >= u-satisfy) and (mu <= moral) [set s 1] [set s 0]
  ]
]

```

end

```

to stoch-switch
  let switcher random-float 100
  if switcher < noise [set s 1 - s]
end

```

```

to vari-upd
  set cheaters-perc count turtles with [s = 0] / RealI * 100
  set default-cheaters-perc count turtles with [default-cheater] / RealI * 100

```

```

if count turtles with [default-cheater] > 0 [set default-cheaters-perc-ch count turtles with [s =
0 and default-cheater] / count turtles with [default-cheater] * 100]
if count turtles with [not default-cheater] > 0 [set default-cheaters-perc-nch count turtles
with [s = 0 and not default-cheater] / count turtles with [not default-cheater] * 100]

```

```
end
```

```
to visualize
```

```

ask turtles [ifelse s = 1 [set color green] [set color red]]
if Labels [ask turtles [set label word precision publu 2 word " " word precision privu 2 word
" " word precision u 2 word " " precision u-satisfy 2]]

```

```

set-current-plot "Cheaters"
set-current-plot-pen "ch"
plot cheaters-perc
set-current-plot-pen "def-ch"
plot default-cheaters-perc

```

```

set-current-plot-pen "ch def-ch"
plot default-cheaters-perc

```

```

set-current-plot-pen "ch def-nonch"
plot default-cheaters-perc

```

```

set-current-plot "Duals"
set-current-plot-pen "duals"
plot count turtles with [duals > 0] / Reall * 100

```

```

set-current-plot "Lorenz-curve"
clear-plot
set-plot-x-range 0 Reall
set-plot-y-range 0 100
set-current-plot-pen "lorenz"
let summa sum [income] of turtles
let summaact 0
foreach sort-by [ [?1 ?2] -> [income] of ?1 < [income] of ?2 ] turtles
[ ?1 ->
set summaact summaact + [income] of ?1
if summa > 0 [plot summaact / summa * 100]
set-plot-y-range 0 100
]

```

```
;plot count turtles with [duals > 0] / Reall * 100
```

```
end
```

```
to Go
```

```
tick
```



```

ask turtles [update-strategy]
calc-public-good
ask turtles [calc-util]
ask turtles [calc-neighbors]
ask turtles [stoch-switch]
vari-upd
if visualize-graph [visualize]
ifelse (ticks < 50)
[
  set mem-avg lput cheaters-perc mem-avg
  set mem-def-ch-avg lput (count turtles with [default-cheater] / I * 100) mem-def-ch-avg
  ifelse count turtles with [default-cheater] > 100 [set mem-def-ch-ch lput (count turtles
with [(default-cheater) and (s = 0)] / (count turtles with [default-cheater] * 100) * 100) mem-
def-ch-ch] [set mem-def-ch-ch lput 0 mem-def-ch-ch]
]
[
  set mem-avg lput cheaters-perc but-first mem-avg
  set mem-def-ch-avg lput (count turtles with [default-cheater] / I * 100) but-first mem-
def-ch-avg
  ifelse count turtles with [default-cheater] > 100 [set mem-def-ch-ch lput (count turtles
with [(default-cheater) and (s = 0)] / (count turtles with [default-cheater] * 100) * 100) but-
first mem-def-ch-ch] [set mem-def-ch-ch lput 0 but-first mem-def-ch-ch]
]
End

```

Oligopol árazási modell (MATLAB program)

```

clear
%Randomizálás
RandStream.setDefaultStream ...
(RandStream('mt19937ar','seed',sum(100*clock)));

%Hányszor ismétlje a futtatást?
fszam=1;

K=1;
mu=1;

%Periódusok száma
per=100000;
%Felfutási idő
yy=36;
%Kiszámítsa-e az elméleti értékeket?
optimalizal=0;

```

```

%Baseline
infl = 1.03^(1/12);
infl_szoras = sqrt(0.005^2/12);

% Inflációs adatok
%Magyarország
% infl = 1.0054;
% infl_szoras = 0.0069;

% %USA
% infl = 1.0027;
% infl_szoras = 0.0036;

% %EU
% infl = 1.0016;
% infl_szoras = 0.0020;

% Idioszinkratikus költség sokkok
c_idiomean=1;
c_idiovar=0.1;

%Eladók száma = n
global n
n=5;

%Változók definiálása a ciklus előtt
x_atl=zeros(fszam,1);
m_atl=zeros(fszam,1);
b_atl=zeros(per+1,fszam);
m_atl2=zeros(per+1,fszam);
merekv=zeros(fszam,1);
savonbelul=zeros(fszam,1);
sav=zeros(fszam,1);
ido=zeros(fszam,n);

pmin=zeros(fszam,1);
pmax=zeros(fszam,1);
%pmean=zeros(fszam,1);
range=zeros(fszam,1);
dispersion=zeros(fszam,1);
%pstdev=zeros(fszam,1);
prelstdev=zeros(fszam,1);

aaa2=zeros(per-yy+1,n);

for f=1:fszam

```

tic

%Keresztelés-jellegű paraméter

a=0.5;

%Mutációs ráta

mut=0.05;

%A típusok mutációs rátája

mut_tip=0.1;

%x mutációjának szórása

sigmax2=0.02;

%m mutációjának szórása

sigmamup2=0.01;

%m mutációjának szórása

sigmab=0.02;

%Határköltség

global c

c=zeros(per,n);

c_0=10;

c_idio=zeros(per,n);

%Árszint

global arszint

arszint=zeros(per,1);

arszint(1)=1;

c(1,:) = c_0*arszint(1);

%Keresleti függvény konstans tagjának kitevője

global v

v=-c(1,1)*1.5;

%x: megtúrt eltérés az opt. haszonkulcstól, kezdeti értéke 0

x=zeros(per,n);

%markup: az optimális haszonkulcs, kezdeti értékei [0,0.5]-n egyenletesen

%oszlának el

markup=zeros(per,n);

markup(1:2,:)=[linspace(0,0.5,n);linspace(0,0.5,n)];

%Mennyivel közelít az optimális haszonkulcsához

b=zeros(per,n);

b(1:2,:)=[linspace(0.2,0.8,n);linspace(0.2,0.8,n)];

```

%Optimális haszonkulccsal számított ár
p_opt=zeros(per,n);
p_opt(1,:)=c(1,:).*(1+markup(1,:));

%Optimális haszonkulccsal számított ár körüli megtűrt sáv alsó és felső
%határa
p_al=zeros(per,n);
p_fel=zeros(per,n);

%Tényleges árak, 1. időszakban egyszerűen az optimális haszonkulccsal
%számított ár
p=zeros(per,n);
p(1,:)=p_opt(1,:);

%Változók definiálása a ciklus előtt
p_exp=zeros(per,n);
d=zeros(per,n);
pi=zeros(per+1,n);
atlp_i=zeros(per+1,n);

val=zeros(per,n);
tulelo=zeros(per,n);
count=zeros(per,n);
vel=rand(per,n);
vel2=rand(per,n);
vel3=rand(per,n);
ragad=zeros(per,n);
ragad2=zeros(per,n);
kihull=zeros(per,1);

sss=ones(per,n);

p_nemkoop=zeros(per,1);
p_koop=zeros(per,1);

%Boltzmann szelekció hőmérséklete
H=ones(per,1);

global t

for t=2:per

%Infláció szerint, sztochasztikusan alakuló árszint és határktg.
arszint(t)=arszint(t-1)*normrnd(infl,infl_szoras);

for j=1:n

```

```

        c_idio(t,j)=normrnd(arszint(t)/arszint(t-1),(infl-1)/10);

    end

c(t,:) = c(t-1,:) .* c_idio(t,:);

if optimalizal==1

    options=optimset('Display','off');
    optnew = optimset(options,'TolFun',1e-16);
    x0 = c_0*infl^t;
    [p_nemkoop(t,~) = fsolve(@nemkoop_3,x0,optnew);
    [p_koop(t,~) = fsolve(@koop_3,x0,optnew);

end

p_opt(t,:)=c(t,:).*(1+markup(t,:));
p_al(t,:)=p_opt(t,:).*(ones(1,n)-x(t,:));
p_fel(t,:)=p_opt(t,:).*(ones(1,n)+x(t,:));

%Ciklus az árazásra
for i=1:n

    if p(t-1,i)>=p_al(t,i) && p(t-1,i)<=p_fel(t,i)
        %Ha a megtürt sávban van az előző időszaki ár, azt választja,
        %és a ragad számláló értéke nő eggyel
        p(t,i)=p(t-1,i);
        ragad(t,i)=ragad(t-1,i)+1;
        ragad2(t,i)=ragad2(t-1,i)+1;
    else
        p(t,i)=p_opt(t,i)*b(t,i) + p(t-1,i)*(1-b(t,i));
        ragad(t,i)=0;
        ragad2(t,i)=0;
    end

    if t==yy
        ragad(t,i)=0;
    end

    %sss azt mutatja, hanyadik árat használ éppen az adott vállalat az
    %adott periódusban
    if ragad2(t,i)==0
        sss(t,i)=sss(t-1,i)+1;
    else
        sss(t,i)=sss(t-1,i);
    end

end

end

```

%Árak szóródása

```
pmin(t)=min(p(t,:));  
pmax(t)=max(p(t,:));  
range(t)=pmax(t)-pmin(t);  
dispersion(t)=pmax(t)/pmin(t);  
prelstdev(t)=std(p(t,:))/mean(p(t,:));
```

%A kereslet és a profit meghatározása

```
p_exp(t,:)=exp(-p(t,:))/(mu*(infl)^t);  
d(t,:)=K*p_exp(t,:)/(sum(p_exp(t,:),2)+exp(v));  
pi(t,:)=(p(t,:)-c(t,:)).*d(t,:);
```

%A fitness érték a korábbi profitok exponenciálisan csökkenő súlyokkal

%vett összege

```
suly=zeros(1,t);  
for i=1:t  
suly(i)=0.5^(t-i+1);  
end
```

```
for i=1:n  
atlpi(t,i) = suly * pi(1:t,i);  
end
```

%Túlélési valószínűségek, Boltzmann szelekcióval, H a hőmérséklet

```
val(t,:)=exp(atlpi(t,:)/H(t))/sum(exp(atlpi(t,:)/H(t)));
```

%Szelekció

%A tulelo vektorba az előző populációban meglevő sorszámok kerülnek

```
for i=1:n
```

```
    k=rand(1);  
    rank=1;
```

```
    while k>sum(val(t,1:rank))
```

```
        rank=rank+1;
```

```
    end
```

```
    tulelo(t,i)=rank;
```

```
end
```

```
for i=1:n
```

```

for j=1:n

    if tulelo(t,j)==i
        count(t,i)=count(t,i)+1;
    end
end

end

for j=1:n
if count(t,j)==0 %azaz a j-edik vállalat kihullott
    kihull(t)=kihull(t)+1;
    k=1;
    while count(t,k)<=1
        k=k+1;
    end

    %k többször szelektálódott, a stratégiáját lekoppintja
    %a j-edik vállalat
    markup(t+1,j)=a*markup(t,k)+(1-a)*markup(t,j);
    x(t+1,j)=a*x(t,k)+(1-a)*x(t,j);
    b(t+1,j)=a*b(t,k)+(1-a)*b(t,j);

    %Mutáció, nomrális eloszlású véletlen szám hozzáadásával
    if vel(t,j)<mut
        markup(t+1,j)=max(markup(t+1,j)+normrnd(0,sigmamup2),0);
        x(t+1,j)=min(max(x(t+1,j)+normrnd(0,sigmax2),0),0.5);
        b(t+1,j)=min(max(b(t+1,j)+normrnd(0,sigmab),0),1);
    end

    count(t,k)=count(t,k)-1;

else

    %Mutáció, hasonlóan
    if vel(t,j)<mut
        markup(t+1,j)=max(markup(t,j)+normrnd(0,sigmamup2),0);
        x(t+1,j)=min(max(x(t,j)+normrnd(0,sigmax2),0),0.5);
        b(t+1,j)=min(max(b(t,j)+normrnd(0,sigmab),0),1);
    else x(t+1,j)=x(t,j);
        markup(t+1,j)=markup(t,j);
        b(t+1,j)=b(t,j);
    end
end
end
end
toc

```

```

%Változók mentése az aktuális f-ben
%mentnev= ['fut', num2str(f), '.mat'];
%save(mentnev)

% if optimalizal==1
%   abra
%   rajz=['rajz', num2str(f), '.jpeg'];
%   saveas(2, rajz)
% end

%Átlagos x
x_atl(f)=mean(mean(x(yy:per,:)));
m_atl(f)=mean(mean(markup(yy:per,:)));
m_atl2(:,f)=mean(markup,2);
b_atl(:,f)=mean(b,2);

%Felfutási időben nem érdekes a ragadósság mértéke
ragad(1:(yy-2),:)=[];

%A felfutási idő után az időszakok átlagosan hányad részében nem változtak
%az árak
mercv(f)=1-sum(sum(ragad==0))/(n*(per-yy+2));

%Segédváltozó
rr=(ragad==0);
rr(1,:)=[];
rr(per-yy+2,:)=1;

aaa=ragad.*rr+rr;

for t=1:per+1-yy
    aaa2(t,:)=sum(aaa(1:t,:))./sum(rr(1:t,:));
end

%Árak átlagos élettartama
ido(f,:)=sum(aaa)./sum(rr);

if optimalizal==1

    %Hányszor esik a 2 elméleti érték közé a meghatározott ár
    for i=1:n

savonbelul(f)=savonbelul(f)+sum((p(yy:per,i)<p_koop(yy:per)).*(p(yy:per,i)>p_nemkoop(yy:
per)));
end

```



```

%Az esetek hány százalékban esik a 2 elméleti érték közé a
%meghatározott ár
sav(f)=savonbelul(f)/(n*(per-yy+1));

```

end

```

%clearvars -except a infl x_atl merev per sav savonbelul c_szoras ido yy n infl_szoras infl
fszam optimalizal

```

end

```

%Árak átlagos élettartama vektor formában, a szórás miatt
idovektor=zeros(fszam*n,1);
for i=1:n*fszam
idovektor(i)=ido(i);
end

```

```

telj=[mean(x_atl), mean(m_atl), mean(sav)];

```

```

disp('x_atl, m_atl, sávon belül')
disp(telj)

```

```

telj2=[mean(merev), mean(idovektor), std(idovektor)];
disp('beragadt árak, ido_atl, ido_szoras')
disp(telj2)

```

```

plot(log(x))
% plot(log(markup))
save('teljesitmeny.mat')

```

Ágens-alapú megtakarítási modell (MATLAB program)

```

%első időszak
%inK = max(0,ksd(iiii,jjjj).random(N,1));
%inK = max(0,ksd(iiii).random(N,1));
clear all;
params.T = 5000;
params.TFP = 1;
params.theta = 0; % crra paraméter
params.optrange_upper = 0.9; %az optimizmus paraméterének terjedelme_ alsó
params.optrange_lower = 1.1; %az optimizmus paraméterének terjedelme_ felső
params.L2 = 1; % második állapotban munka

%1. időszak függvény meghívása
N = 200;
gamma = 84 ;
markov11 = 0.87;

```

```

markov22 = 0.88;
prob = [markov11 1-markov11; 1-markov22 markov22]; % Markov-féle átmenet
mátrix
pi2 = markov(prob); %a mátrix ergodikusan eloszlása
L1 = 0.17;
alfa = 0.73;
delta = 0.0096;
smooth = 0.92;
dl = 30;%hitelkorlát
rho = 0.004;
mut1 = 0.008; %optimizmus paraméterénél mutáció esélye
newneighb = 0.028; %új gráf valószínűsége
degree = 8;
lambda = 0.83;
sigma2 = 0.0021; %mutációnál a buffer logaritmusának szórása
omega = 0.0047; % várható többlethozam (kétszerese) a hitelen
inL = [L1 params.L2]*pi2*N;
inKaggr = ((1-alfa)/delta)^(1/alfa)*inL; %
% inK = 170.47; %inKaggr*2/N*;%az egyéni kezdő tőke kétszerese (0-1 egy.
eloszlással szorozva aztán);%967.45;
inK=2.8*inKaggr/N;
inY = inKaggr^(1-alfa)*inL^alfa;
inC = alfa*inY;
inw = alfa*inY/inL;
inr_k = (1-alfa)*inY/inKaggr;
mu1 = inKaggr/(inw*inL+(inr_k - delta)*inKaggr);%inKaggr/(inw*inL);
%kezdeti buffer exponenciális eloszlásának várható értéke
% agent(N).K = zeros(N);

for k = 1:N;
%kezdő tőke, hitel és adósság
agent(k).K = 1.5*inK*rand;%
agent(k).B = 0;
agent(k).D = 0;
%kezdő munkaállapot
if rand < pi2(1,1)
agent(k).L = L1;
else
agent(k).L = params.L2;
end;
%az ágensek kezdőtípusának meghatározása
tipusseged = rand;
if tipusseged < 1/3
agent(k).type = 1; %cricket
elseif 1/3 <= tipusseged && tipusseged < 2/3
agent(k).type = 0; %ant
else
agent(k).type = 2; %buffer-stock saver
end;

```

```

    %optimizmus foka
    agent(k).optim_a = params.optrange_lower +(params.optrange_upper-
params.optrange_lower)*rand;%exprnd(1);
    agent(k).optim_c = params.optrange_lower +(params.optrange_upper-
params.optrange_lower)*rand;%exprnd(1);
    agent(k).buffer = exprnd(mu1);
end;
%az ágensek közötti gráf
%neighb = full(createRandRegGraph(N,degree));
G=erdosRenyi(N,1,degree);
neighb= G.Adj;
clearvars G;

L = sum([agent.L]);
K = sum([agent.K]);
Y = params.TFP*K^(1-alfa)*L^alfa;
w = alfa*Y/L;
r_k = (1-alfa)*Y/K;
%r = omega*(sum(cat(1,agent.D))/Y)^2+max(0,(r_k-delta));
r = omega*(sum([agent.D])/Y)^2+max(0,r_k-delta);
%hitelkorlát
Dlimit = dl*w*L1;
    for k = 1:N;
%vagyon, teljes és bérjövedelem
    agent(k).A = agent(k).K;
    agent(k).Inc = (r_k-delta)*agent(k).K + w*agent(k).L;
    agent(k).EwL = w*agent(k).L;
%tervezett fogyasztás
        agent(k).Cp = w*agent(k).L;
%tényleges fogyasztás, vagy és hitelkereslet
        if agent(k).Cp <= agent(k).A + agent(k).Inc;
            agent(k).C = agent(k).Cp;
            agent(k).W = agent(k).A + agent(k).Inc - agent(k).C;
        else
            agent(k).W = 0;
            agent(k).C = min(agent(k).Cp,agent(k).A + agent(k).Inc + Dlimit);
            agent(k).D = min(Dlimit,agent(k).Cp - agent(k).A - agent(k).Inc);
        end;
3. %hitelezés, tőkefelhalmozás

        agent(k).B = agent(k).W*sum([agent.D])/sum([agent.W]);
        agent(k).K = agent(k).W - agent(k).B;
        agent(k).U = 0;
    end;
save('haromtipus_1stper');

```

```

%a szimuláció eredményeit tároló mátrixok
%egyéni
%DemL = zeros(10,params.T,params.simul);

```

```

%Cons = zeros(10,params.T,params.simul);
%Typ = zeros(10,params.T,params.simul);
%Kind = zeros(10,params.T,params.simul);
%Lind = zeros(10,params.T,params.simul);
Kegyeni = zeros(N,params.T);
%típusonként összegek
Conssumtyp = zeros(3,params.T);
DemLsumtyp = zeros(3,params.T);
Conscricket = zeros(1,params.T);
DemLcricket = zeros(1,params.T);
Consbuffer = zeros(1,params.T);
DemLbuffer = zeros(1,params.T);
Typcricket = zeros(1,params.T);
Typbuffer = zeros(1,params.T);
Optav_a = zeros(1,params.T);
Optav_c = zeros(1,params.T);
bufferav = zeros(1,params.T);
bufferav2 = zeros(1,params.T);
catast = zeros(1,params.T);
%aggregált
Kaggr = zeros(1,params.T);
Laggr = zeros(1,params.T);
Yaggr = zeros(1,params.T);
rk_tarolt = zeros(1,params.T);
r_tarolt = zeros(1,params.T);
Debt = zeros(1,params.T);
Consaggr = zeros(1,params.T);
SY = zeros(1,params.T);
tobblet = zeros(1,params.T);

load('haromtipus_1stper');
%segéd
DemLseged = [agent.D];
Consseged = [agent.C];
Typseged = [agent.type];
Kseged = [agent.K];
Lseged = [agent.L];
Buffer = [agent.buffer];
Opt_a = [agent.optim_a];
Opt_c = [agent.optim_c];
%endogén változók tárolása
%DemL(1:10,1) = DemLseged(1,1:10);
%Cons(1:10,1) = Consseged(1,1:10);
%Typ(1:10,1) = Typseged(1,1:10);
%Kind(1:10,1) = Kseged(1,1:10);
%Lind(1:10,1) = Lseged(1,1:10);
%típusonkénti összegek
Conssumtyp(1,1) = sum(Consseged(Typseged==1)); %cricket
Conssumtyp(2,1) = sum(Consseged(Typseged==0)); %ants

```

```

Conssumtyp(3,1) = sum(Consseged(Typseged==2)); %buffer
DemLsumtyp(1,1) = sum(DemLseged(Typseged==1));
DemLsumtyp(2,1) = sum(DemLseged(Typseged==0));
DemLsumtyp(3,1) = sum(DemLseged(Typseged==2));
%aggregált endogén változók tárolása
Kaggr(1,1) = K;
Laggr(1,1) = L;
Yaggr(1,1) = Y;
rk_tarolt(1,1) = r_k;
r_tarolt(1,1) = r;
Debt(1,1) = sum([agent.D]);
Consaggr(1,1) = sum([agent.C]);
SY(1,1) = (Yaggr(1,1) - Consaggr(1,1))/Yaggr(1,1);
%tücskök aránya a fogyasztásban
Conscricquet(1,1) = Conssumtyp(1,1)./Consaggr(1,1);
%tücskök aránya az adósságban
DemLcricquet(1,1) = DemLsumtyp(1,1)./Debt(1,1);
%BS aránya a fogyasztán:
Consbuffer(1,1) = Conssumtyp(3,1)./Consaggr(1,1);
%BS aránya az adósságban:
DemLbuffer(1,1) = DemLsumtyp(3,1)./Debt(1,1);
%tücskök aránya
Typcricquet(1,1) = sum(Typseged==1)/N;
%BS aránya
Typbuffer(1,1) = sum(Typseged==2)/N;
%átlagos optimizmus: hangya
Optav_a(1,1) = nanmean(Opt_a(Typseged==0));
%átlagos optimizmus: tücsök
Optav_c(1,1) = nanmean(Opt_c(Typseged==1));
%átlagos puffer
bufferav(1,1) = nanmean(Buffer(Typseged==2));

```

```

%további időszakok

```

```

for t = 2:params.T;
    if rand < newneighb
        G=erdosRenyi(N,1,degree);
        neighb= G.Adj;
        clearvars G;
    else
    end
    for k = 1:N;
        % munkaállapotok változása
        if agent(k).L == L1
            if rand < prob(1,1)
                agent(k).L = L1;
            else
                agent(k).L = params.L2;
            end;
        else

```

```

if rand < prob(2,2)
    agent(k).L = params.L2;
else
    agent(k).L = L1;
end;
end;
end;
%aggregált változók értékei
L = sum([agent.L]);
K = sum([agent.K]);
Y = params.TFP*K^(1-alfa)*L^alfa;
w = alfa*Y/L;
r_k = (1-alfa)*Y/K;
r_last = r;
r = omega*(sum([agent.D])/Y)^2+r_k-delta;
%hitelkorlát
Dlimit = dl*w*L1;
%a tücskök referenciája: környezetük és saját fogyasztásuk maximuma
Cmaxneighb = max((ones(N,1)*[agent.C]).*(eye(N)+neighb),[],2);

for k = 1:N;
    %vagyon
    agent(k).A = agent(k).K + agent(k).B - agent(k).D;
    % Folyó jövedelem
    agent(k).Inc = w*agent(k).L +(r_k-delta)*agent(k).K + r_last*(agent(k).B -
agent(k).D);
    %permanens bérjövedelem
    agent(k).EwL = smooth*agent(k).EwL + (1 - smooth)*w*agent(k).L;

    %tervezett fogyasztás
    if agent(k).type == 0 %ant
        agent(k).Cp =max(0,agent(k).optim_a*(agent(k).EwL+(r_k-delta)*agent(k).K
+ r_last*(agent(k).B - agent(k).D)));
    elseif agent(k).type == 1 %cricket
        agent(k).Cp = max(0,agent(k).optim_c*Cmaxneighb(k));
    else %buffer
        agent(k).Cp = max(0,agent(k).A +agent(k).Inc - agent(k).buffer*agent(k).EwL);
        %agent(k).Cp = max(0,agent(k).A +(1 - agent(k).buffer)*agent(k).Inc);
    end;
    %tényleges fogyasztás, vagyon, hitelkereslet
    if agent(k).Cp <= agent(k).A + agent(k).Inc;
        agent(k).C = agent(k).Cp;
        agent(k).W = agent(k).A + agent(k).Inc - agent(k).C;
        agent(k).D = 0;
    else
        agent(k).W = 0;
        agent(k).C = min(agent(k).Cp,agent(k).A +agent(k).Inc + Dlimit);
        agent(k).D = min(Dlimit,agent(k).Cp - agent(k).A - agent(k).Inc);
    end
end

```

```

agent(k).U = agent(k).U*lambda + agent(k).C^(1-params.theta)*(1 - lambda)/(1-
params.theta);
end;
%segéd
Tu([agent.type]==1)=1;
Tu([agent.type]==0|[agent.type]==2)=0;
Ha([agent.type]==0)=1;
Ha([agent.type]==1|[agent.type]==2)=0;
Bu([agent.type]==2)=1;
Bu([agent.type]==0|[agent.type]==1)=0;
% Crickneighb = (ones(N,1)*T).*(eye(N)+neighb); %szomszd'z'd td'z'cskd'z'k
%Crickneighb(Crickneighb==0) = -Inf;
% Antneighb = (ones(N,1)*H).*(eye(N)+neighb); %szomszd'z'd hangyd'z'k
%Antneighb(Antneighb==0) = -Inf;
% Buffneighb = (ones(N,1)*Bu).*(eye(N)+neighb); %szomszd'z'd hangyd'z'k
%Buneighb(Buneighb==0) = -Inf;

% legmagasabb sikermutató, és annak ágensszáma típusonként
[UCrickneighb,Icrick] = max((ones(N,1)*agent.U).*(ones(N,1)*Tu),[],2);
%szomszd'z'd td'z'cskd'z'k legjobb fitnessse
[UAntneighb,IAnt] = max((ones(N,1)*agent.U).*(ones(N,1)*Ha),[],2); %szomszd'z'd
hangyd'z'k legjobb fitnessse
[UBuffneighb,IBuff] = max((ones(N,1)*agent.U).*(ones(N,1)*Bu),[],2); %szomszd'z'd
hangyd'z'k legjobb fitnessse
% [UCrickneighb,Icrick] = max((ones(N,1)*agent.U).*Crickneighb,[],2); %szomszd'z'd
td'z'cskd'z'k legjobb fitnessse
% [UAntneighb,IAnt] = max((ones(N,1)*agent.U).*Antneighb,[],2); %szomszd'z'd
hangyd'z'k legjobb fitnessse
% [UBuffneighb,IBuff] = max((ones(N,1)*agent.U).*Buffneighb,[],2); %szomszd'z'd
hangyd'z'k legjobb fitnessse
clearvars Tu Ha Bu
%agent(k).typelast = agent(k).type;
for k = 1:N;
if rand < rhoo
%softmax rule
tipusseged = rand;
if tipusseged <
exp(UCrickneighb(k,1)/gamma)/(exp(UCrickneighb(k,1)/gamma)+exp(UAntneighb(k,1)/gam
ma)+exp(UBuffneighb(k,1)/gamma))
%if agent(k).type == 0 || agent(k).type == 2
agent(k).optim_c = Opt_c(Icrick(k,1));
% agent(k).U = UCrickneighb(k,1);
%else
%end;
agent(k).type = 1;% 'cricket';
elseif tipusseged >=
exp(UCrickneighb(k,1)/gamma)/(exp(UCrickneighb(k,1)/gamma)+exp(UAntneighb(k,1)/gam
ma)+exp(UBuffneighb(k,1)/gamma)) && tipusseged <

```

```

(exp(UCrickneighb(k,1)/gamma)+exp(UAntneighb(k,1)/gamma))/(exp(UCrickneighb(k,1)/gamma)+exp(UAntneighb(k,1)/gamma)+exp(UBuffneighb(k,1)/gamma))
    %if agent(k).type == 1 || agent(k).type ==2
        agent(k).optim_a = Opt_a(IAnt(k,1));
    % agent(k).U = UAntneighb(k,1);
    %else
    %end;
    agent(k).type = 0;% 'ant';
else
    %if agent(k).type == 0 || agent(k).type == 1
    % agent(k).U = UBuffneighb(k,1);
        agent(k).buffer = Buffer(IBuff(k,1));
    %else
    %end;
    agent(k).type = 2;% 'buffer stock saver';
end;
else
end;
end;
for k = 1:N;
    %mutáció az optimizmus fokában
    if rand < mut1
        agent(k).optim_a =
agent(k).optim_a*exp(normrnd(0,sigma2));% exprnd(1);%0.95 * agent(k).optim + 0.05 *
(params.optrange_lower +(params.optrange_upper-params.optrange_lower)*rand);
    else
    end;
    if rand < mut1
        agent(k).optim_c =
agent(k).optim_c*exp(normrnd(0,sigma2));% exprnd(1);%0.95 * agent(k).optim + 0.05 *
(params.optrange_lower +(params.optrange_upper-params.optrange_lower)*rand);
    else
    end;
    %mutáció a pufferben
    if rand < mut1
        agent(k).buffer = agent(k).buffer * exp(normrnd(0,sigma2));
    else
    end;
end;
if sum([agent.W]) >= sum([agent.D]);
    for k = 1:N;
        %ágensek hitelkínálata, tőkefelhalmozása
        agent(k).B = agent(k).W*sum([agent.D])/sum([agent.W]);
        agent(k).K = agent(k).W - agent(k).B;
    end;
else
    for k=1:N
        agent(k).B = 0;
        agent(k).D = 0;
    end;
end;

```



```

    end
    tobblet(1,t) = 1;
end;

%segéd
DemLseged = [agent.D];
Typseged = [agent.type];
Kseged = [agent.K];
Lseged = [agent.L];
Consseged = [agent.C];
Opt_a = [agent.optim_a];
Opt_c = [agent.optim_c];
Buffer = [agent.buffer];
%az ágensek endogén változóinak tárolása
%DemL(1:10,t) = DemLseged(1,1:10);
%Cons(1:10,t) = Consseged(1,1:10);
%Typ(1:10,t) = Typseged(1,1:10);
%Kind(1:10,t) = Kseged(1,1:10);
%Lind(1:10,t) = Lseged(1,1:10);
%típusonkénti összegek
Consumtyp(1,t) = sum(Consseged(Typseged==1));
Consumtyp(2,t) = sum(Consseged(Typseged==0));
Consumtyp(3,t) = sum(Consseged(Typseged==2));
DemLsumtyp(1,t) = sum(DemLseged(Typseged==1));
DemLsumtyp(2,t) = sum(DemLseged(Typseged==0));
DemLsumtyp(3,t) = sum(DemLseged(Typseged==2));
%aggregált változók tárolása
Kaggr(1,t) = K;
Laggr(1,t) = L;
Yaggr(1,t) = Y;
rk_tarolt(1,t) = r_k;
r_tarolt(1,t) = r;
Debt(1,t) = sum(cat(1,agent.D));
Consaggr(1,t) = sum(cat(1,agent.C));
SY(1,t) = (Yaggr(1,t) - Consaggr(1,t))/Yaggr(1,t);
%tücskök aránya a fogyasztásban
Conscricet(1,t) = Consumtyp(1,t)/Consaggr(1,t);
%tücskök aránya az adósságban
DemLcricet(1,t) = DemLsumtyp(1,t)/Debt(1,t);
%BS aránya a fogyasztásban
Consbuffer(1,t) = Consumtyp(3,t)/Consaggr(1,t);
%BS aránya az adósságban
DemLbuffer(1,t) = DemLsumtyp(3,t)/Debt(1,t);
%tücskök aránya
Typcricet(1,t) = sum(Typseged==1)/N;
%BS aránya
Typbuffer(1,t) = sum(Typseged==2)/N;
Optav_a(1,t) = mean(Opt_a(Typseged==0));
Optav_c(1,t) = mean(Opt_c(Typseged==1));

```

```
    bufferav(1,t) = mean(Buffer(Typseged==2));  
%    Optav2(1,t) = nanmean(Opt);  
%    bufferav2(1,t) = nanmean(Buffer);  
    if t == params.T || t == params.T-10 || t == params.T-20 || t == params.T-30 || t ==  
params.T-40 || t == params.T-50 || t == params.T-60  
        Kegyeni(1:N,t)=Kseged;  
    else  
    end  
  
end;
```