OTDK-dolgozat

Antal László
BA

A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/1-11-1-2012-0001 azonosító számú „Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése országos program" című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

2013

Viselkedési gazdaságtan az RBC modell keretei közt

Tartalomjegyzék

Ábrák jegyzéke

1. fejezet

Bevezetés

Tanulmányaim során mindig is foglalkoztatott (az elsős Mikroökonómia kurzus óta), hogyan lehetne közelebb hozni az általunk használt modelleket a valósághoz. Furdalt a kíváncsiság, nem lehetne-e összhangot találni a modellek magyarázó-, és előrejelzőerejének növelése, és a modellek átalakítása, elbonyolítása közt. Ezért kezdtem foglalkozni a viselkedési gazdaságtannal mélyrehatóbban, ugyanis ez a tudományág pont ezekre a kérdésekre keresi a választ.

Másik, számomra igen kedves közgazdaságtani ág a Makroökonómia. Régóta próbálok elmélyülni benne, minnél többet foglalkozni vele. Mindig is szimpatikus volt a rendszerszemlélete, összetettsége, a modellek paramétereinek egymásrahatása, az egyensúly felé törekvés.

Ezért is válaszottam dolgozatom témájának egy adott viselkedésgazdaságtani megközelítés implantálását különböző makroökonómiai modellekbe.

Dolgozatomat két nagy részre osztom: Az első részben egy elméleti áttekintést adok a különböző viselkedésgazdaságtani irányzatok kialakulásáról, legfontosabb tulajdonságairól.

A második részben pedig két jól ismert modellben (OLG és RBC) a racionális várakozások hipotézisét kicserélem adaptív tanulásra, és megvizsgálom, milyen változások következnek be a modellekben, és a lefutásukban.

Munkámat a tapasztalatok összegzésével zárom.

2. fejezet

Elméleti áttekintés

Mi is az a viselkedési gazdaságtan? A közgazdaságtan története során kezdetben fizikusok, később már szakavatott közgazdászok modelleket alkottak, hogy a gazdasági folyamatokat, mechanizmusokat megértsék, kezelhetővé tegyék. Ezen modellek kialakításánál fő szempont volt többek között egyrészt a lényeg megragadása, másrészt a matematikai megalapozottság, axiomatikus felépítés, harmadrészt a könnyű számíthatóság. Eleinte a második és harmadik korlát bizonyult számottevőnek, nem volt elég fejlett a matematika, és az információs technológiák híján a nagyobb modellek kalkulálása is közel lehetetlennek bizonyult. Ám az idő előrehaladtával ezek a kondíciók változtak, szabadon szárnyalhatott a közgazdaságtan, sorra keletkeztek az újabb és újabb modellcsaládok. Azonban sokakban felmerült a kétely, ezek a modellek valóban jól modellezik a valóságot? Nem túl nagy a hangsúly az elméleti tisztaságon? Az alkalmazott feltételek nem túlzottan irreálisak?

Azok a közgazdászok, tudósok, akik igenlő választ adtak ezekre a kérdésekre, új utakat kerestek, megpróbáltak visszakanyarodni a szereplők viselkedésének pontosabb modellezéséhez. Egy ilyen alternatív út lett a viselkedési közgazdaságtan, központjában a közgazdaságtan és a pszichológia ötvözésével.

A viselkedési gazdaságtan (behavioral economics) célja tehát, hogy a rendelkezésre álló neoklasszikus közgazdaságtani eszköztárat átalakítsa, formálja, kibővítse. Ehhez az empirikus, pszichológiai tapasztalatok veszi alapul, kísérletek sorát elvégezve jut olyan következtetésekre, amelyek hasznosak lehetnek a modern közgazdaságtan számára.

Mindez azonban nem azt jelenti, hogy a viselkedési gazdaságtan teljes mértékben elutasítja a neoklasszikus megközelítést, sőt! Csupán egy masszív alapnak tekinti, amelyet kiegészít, hogy növekedjen a magyarázóerő, könnyebb legyen az egyes aktorok cselekedeteit értelmezni, előrejelezni.

A viselkedési gazdaságtan alapfeltevése tehát: Ceteris paribus, minél valóságosabbak a gazdasági szereplőkről alkotott feltevéseink, annál jobb a közgazdaságtan, amit használunk (Rabin).

2.1. A kezdetek

A viselkedési gazdaságtan sokak szerint a közgazdaságtan egy újkeletű ága, ez tévedés. Talán már az ókori görögök is foglalkoztak vele, ám erre sajnos jelenleg nem áll rendelkezésünkre írásos bizonyíték.

Azonban már a klasszikus közgazdaságtan idején sokat merítettek a közgazdászok a pszichológia tudományából. Talán kezdetlegesnek tekinthetjük őket, ám az kétségtelen, hogy kitűnő táptalajt alkottak a későbbi, fejlettebb elméletek megszületéséhez, manapság kezdi újra felfedezni őket a modern közgazdaságtan.

Az első gondolat, amelyet a legtöbben már viselkedésgazdaságtani megközelítésnek tartanak, az Adam

Smith-től származik. A Smith [1790]-ben figyelmet fordít az egyéni viselkedés pszichológiai alapjaira, emellet megfogalmazza a később tárgyalt alapvető viselkedésgazdaságtani téma, a Loss aversion alapvető gondolatát.

Érdemes megemlíteni Jeremy Benthamet, aki kimagaslóan sokat foglalkozott a hasznosságkoncepció pszichológiai alapjaival. Tulajdonképpen a hasznosságot azonosította a jószág által keltett öröm vagy szomorúság érzésével.

Francis Edgeworth, akit sokan csak a "dobozáról" ismernek, szintén közrejátszott a viselkedésgazdaságtan fejlődésében a korai szakaszban, méghozzá a társas hasznosság egy egyszerű modellen keresztül történő vizsgálatával, ahol az egyik szereplő kifizetése függött a másik szereplő kifizetésétől.

Ám a neoklasszikus forradalom hatására a mainstream közgazdaságtan elfordult a pszichológiai megközelítéstől, fontosabbá vált a "homo oeconomicus[1], azaz a racionalitás, kevesebb hangsúly került a szereplők viselkedésének megértésére, és több az egyszerű, matematikai szempontból hasznos feltevések modellezésére.

Azonban a 20. század második felében több közgazdász (George Katona, Harvey Leibenstein, Tibor Scitovsky, Herbert Simon) mutatott rá a racionalitás korlátaira, és a pszichológia szerepének fontosságára. Ekkor kezdett újra virágozni a viselkedési gazdaságtan.Elfogadottá váltak olyan elméletek, amik hozzásegítettek a viselkedés gazdaságtan elterjedéséhez (a várható hasznosság elmélet Neumann and Morgenstern [1944], exponenciálisan diszkontált hasznosság Samuelson [1938]) Kísérletek sokaságában mutatnak ellenpéldákat a korábbi megkötésekre,alternatív modelleket dolgoznak ki (a legfontosabb talán Kahneman and Tversky [1979]). Míg végül 1997-ben önálló számot szentelnek a Quarterly Journal of Economicsban a viselkedés gazdaságtannak.

2.2. Főbb irányzatok

Fontosnak tartom bemutatni a viselkedési gazdaságtan legnépszerűbb irányzatait, ám csupán madártávlatból. Dolgozatomnak nem képezi mind szerves részét, ezért kisebb hangsúlyt fektetek rá, azonban nem szeretném elhagyni, szükségesnek érzem elhelyezni a kutatásom fő tárgyát a különböző irányzatok között. Természetesen nem törekszem teljességre, nem is tudnék teljességre törekedni, a dolgozat formai keretei ezt nem teszik lehetővé, megmaradok a felsorolás, említés szintjén. Ezt mind C.F. Camerer [2004] alapján teszem.

2.2.1. Nem sztenderd preferenciák

Az első, egyik legfontosabb irányzat. Eszerint a fogyasztók preferenciáit nem lehet a szokásos módon megközelíteni, vannak olyan momentumok, amiket nem lehet megkerülni.

Önkontroll-problémák

Ezen feltevés szerint a fogyasztók hasznossága időben konzisztens, tehát a várt hasznosság mértéke független attól, hogy éppen mikor kérdezzük meg őket (Például ma ugyanannyira nem szeretnénk elmenni fogorvoshoz jövő hét kedden, mint jövő hét hétfőn - ez nyílvánvalóan nem igaz) O'Donoghue and Rabin; Loewenstein et al.

[1] a klasszikus közgazdaságtani iskola eszménye, a gazdálkodó ember, aki a saját érdekeit követi, melyeket ő ismer legjobban, tevékenységében a gazdasági elvnek megfelelően racionálisan jár el, vagyis a lehető legkisebb áldozat árán a lehető legnagyobb haszonra törekszik. - Önérdekét követve a lehető legjobban szolgálja a közösség javát is. Amikor arra törekszik, hogy a termelési költségek és a haszon között a lehető legjobb arány álljon elő, a termelési költségek és a fogyasztók igényei kielégítése között isa lehető legjobb viszony megteremtésén fáradozik.

Referenciafüggőség

A megszokott feltételezés, feltevés az, hogy a szereplők preferenciái az adott jószágot illetően függetlenek attól, hogy éppen aktuálisan milyen jószág van a birtokában (jelesen: a holnapi fogyasztás értékelése teljesen független attól, hogy ma mennyit fogyasztunk). Ezt a feltevést bontja meg a referenciafüggőség. Kőszegi and Rabin.

Veszteségaverzió

A loss aversion elmélete szerint jobban fáj az számunkra (nagyobb hasznosságveszteséggel jár) adott mértékű veszteség, mint amennyire örülünk ugyanakkora nyereségnek. Kahneman and Tversky [1979].

Szociális kontextusból fakadó preferenciatorzulások

Ezen elmélet szerint torzulhatnak a preferenciáink, attól függően, hogy a környezetünkkel mi történik. Például szeretnénk ellenségeinknek rosszat, vagy barátainaknak jót.

2.2.2. Torzulás a döntéshozatali folyamat során

A másik legfontosabb irányzat nem a preferenciákat vizsgálja, hanem a döntéshozatali folyamatot.

Egyszerűsítés, heurisztikák

Ezesetben azt feltételezzük, hogy a szereplők nem az elvárt módon hozzák meg döntéseiket, egyszerűsítéseket alkalmaznak, hogy csökkentsék fáradalmaikat, hüvelykujjszabályokat alkalmaznak.

Korlátozott figyelmi kapacitás

Eszerint a szereplők figyelme korlátos, nem képesek az összes elérhető információt begyűjteni, és feldolgozni hatékonyan.

Társas nyomás hatásai

A szereplő döntését befolyásolja környezete, szociális helyzete, stb.

2.2.3. Nem sztenderd várakozások

A nem sztrenderd várakozások teret enged a racionális várakozások feltevésének elhagyásához, átalakításához.

Túlzott magabiztosság

Eszerint a szereplők túlságosan bíznak saját képességeikben, vagy szerencséjükben, nem veszik figyelembe, hogy rájuk is ugyanazok a valószínűségi értékek vonatkoznak. A "velem ez úgysem történhet meg" tipikus esete.

Bayesiánus tanulás megsértése

Egész egyszerűen a szereplők nem ismerik a valószínűségszámítás alapjait, nem tudják helyesen képezni az egyes eseményekhez rendelhető valószínűségeket. A leggyakrabban bemutatott példa, mikor választanunk kell három ajtó közül (vajon melyik mögött lehet a nyeremény), majd kinyitnak egyet, amely mögött biztos, hogy nincs, érdemes a maradék két ajtó közül a másikat választani, Bayes tétele alapján, legtöbben azonban mégsem teszik.

Adaptív tanulás

Dolgozatom központi témája. Az adaptív tanulás szerint a szereplők nem racionálisan alakítják ki várakozásaikat, hanem a múlt eseményeiből merítenek, ebből próbálnak jóslatokat kialakítani a jövőre nézve. Ezzel a témával behatóan foglalkozott többek között Evans és Honkapohja (Evans and Honkapohja [2005]), kiknek munkásságából sokat merítettem a dolgozatom elkészítése során.

3. fejezet

A tanulás modellezése

Az adaptív tanulás modellezésénél a következő utat fogom bejárni:

Először a közismert OLG modell két variánsát[1] vizsgálom meg, majd felépítek egy RBC modellt, kiegészítve az adaptív várakozások feltevésével. Először azonban az tisztázom a dolgozat megértéséhez mindenképpen szükséges alapfogalmakat, majd ismertetem a "basic" OLG, és RBC modell megfontolásait.

Mindhárom modell futását saját készítésű MATLAB programkód segítségével oldom meg, amik megtalálhatóak a Függelékben (A.3, A.4, A.5), majd ezen futásokat értékelem.

3.1. Fogalmak, Alapvetések

Indulásképpen mindenképp szeretném tisztázni, a közgazdaságtan mely fogalmai, megfontolásai játszanak nagy szerepet a dolgozatomban. Törekszem a pontos megfogalmazásra, ellentmondásmentességre, közérhetőségre, ám nem ásom bele magam olyan részletekbe, amelyek már nem feltétlenül szükségesek a munkám megértéséhez. Ha esetleg az Olvasó talál olyan fogalmat, amihez szükség lenne mélyebb értelmezésre, ám nem találja ebben a részben, ajánlom a Williamson [2009], Mankiw [2005] tankönyveket makroökonómia, Hunyadi and Vita [2008], Maddala [2009] tankönyveket pedig statisztikai témában. Ezt a részt ezen négy tankönyv alapján készítettem.

3.1.1. Regresszió

Ha adott egy adatsorunk, mit kezdünk vele? Hogyan szűrűnk le belőle információt? Milyen utat kínál számunkra a matematika nagy mennyiségű adat feldolgozására? Ezekre a kérdésekre válasz lehet a regressziószámítás, dolgozatom kulcsfontosságú momentuma. Manapság elterjedt, mindenki számára relatíve könnyen hozzárférhető matematikai közgazdasági instrumentum.

A regresszió a változók közti kapcsolat elemzésének eszköze. Alapesteben azt vizsgálja, hogy egy kitüntetett, a vizsgálat tárgyát kepező változó, amelyet eredményváltozónak nevezünk, hogyan függ egy vagy több úgynevezett magyarázó változótól.[2]

Általános alakban felírható így:

$$Y = \mathbf{BX} + \varepsilon \tag{3.1}$$

[1] variáns: zenében gyakran használatos kifejezés, jelenti egy momentum átalakítását oly módon, hogy az alapvetéseket nem változtatjuk meg, így a kiindulópont felismerhető marad

[2] a változók legtöbbször adatsorunk különböző ismérvei

Ahol Y a magyarázott változó, $\mathbf{X}$ a magyarázó változók vektora, $\mathbf{B}$ a regressziós koefficiensek vektora, ε pedig a reziduális változó.

Lineáris regressziónak nevezzük a paramétereiben lineáris regressziókat.

OLS-becslés

A legkisebb négyzetek módszere (Ordinary Least Squares - OLS) feltételez egy ismeretlen paraméterrel rendelkező modellt, és a paraméterek értékét úgy határozza meg, hogy azok mellet a modellből számított eredmények a és megfigyelések eltérésének négyzetösszege minimális legyen. Legegyszerűbb számítási módja a következő:

$$\hat{\mathbf{B}} = (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}\mathbf{X}'\mathbf{y} \tag{3.2}$$

Ahol $\mathbf{X}$ a különböző megfigyelésekből képzett, magyarázó változók értékeinek mátrixa, $\mathbf{y}$ pedig a különböző megfigyelésekből képzett magyarázott változók értékeinek vektora. Így kapjuk meg a regresszió becsült paramétereit.

Fontos kiemelnem, az OLS-becslés elvégzéséhez nagyon erős feltevéseknek kell teljesülni, ám ezekre a dolgozat keretei miatt nem szeretnék kitérni.

AR(p) folyamat tulajdonságai

Azt a folyamatot, amely felírható a következő formában

$$y_t = \alpha + \phi_1 y_{t-1} + \phi_2 y_{t-2} + \cdots + \phi_p y_{t-p} + \varepsilon \tag{3.3}$$

p rendű AR, azaz autoregresszív folyamatnak nevezzük. Jelesen, olyan valószínűségi változó alakulását írjuk le, amit csak az adott valószínűségi változó megelőző értékei (p darab), és egy fehér zaj befolyásol.

Ha OLS-becslést alkalmazva vizsgálunk egy AR(p) folyamatot, a következő egyenlethez jutunk

$$\hat{y}_t = \hat{\alpha} + \hat{\phi}_1 y_{t-1} + \hat{\phi}_2 y_{t-2} + \cdots + \hat{\phi}_p y_{t-p} \tag{3.4}$$

Jelesen, olyan lineáris regressziót becsülünk, ahol a modellünk magyarázó változói a magyarázott változó késleltetett értékei.

Érdemes a későbbiek miatt szót ejteni az AR(1) folyamat várható értékéről.

$$E[y] = \frac{\hat{\alpha}}{1 - \hat{\beta}} \tag{3.5}$$

3.1.2. Neoklasszikus modell

A neoklasszikus megközelítés kulcsszerepet játszik a dolgozatomban. Nem célom azonban részletekbemenően ismertetni az összes fontos, alapvető tulajdonságokat, gondolatokat, amelyek a neoklasszikus megközelítést jellemzik, ha az Olvasó célja az elmélyülés ebben a témakörben, ajánlom például Mankiw [2005] könyvét!

A neoklasszikus modellek legtöbbjében fellelhetőek különböző formában a következő összefüggések. Tekintve, hogy mindhárom modellemben kulcsszerepet játszanak, emellett ugyanolyan formában is használom őket, a következetesség fenntartása érdekében, fontosnak tartom kiemelni őket, végiggondolni az intuitív értelmezésüket.

Formálisan mind levezethető a különböző modellek esetében a célfüggvény (életpályahasznosság) adott korlát/korlátok melletti (költségvetési korlát) maximalizálásából. Ekkor általában Lagrange-módszert alkalmazunk.[3]

A fogyasztó oldala

Hasznossági függvény:

$$u(C_t, L_t) = lnC_t + ln(1 - L_t) \tag{3.6}$$

Eszerint a fogyasztó t időpontbeli hasznosságát két tényező befolyásolja, méghozzá az adott időpontbeli fogyasztása, és az adott időpontbeli munkával töltött ideje. Látható, hogy míg a fogyasztás szerinti parciális derivált pozitív, azaz a fogyasztásban bekövetkező növekedés minden esetben pozitívan befolyásolja hasznosságunkat, addig a munka szerinti parc. derivált negatív, hasznosságveszteséget okoz számunkra a munka. A fogyasztó eközött a két tevékenység között keresi az összhangot, egyensúlyt. Dolgozatomban végig a fent bemutatott függvénytípust fogom alkalmazni.

Életpályahasznosság:

$$U = \sum_{t=1}^{\infty} \beta^{t-1} u(C_t, L_t) \tag{3.7}$$

Az adott t időpontok hasznossági függvényének β paraméterrel történő súlyozása, majd ezek összegzése után kapjuk az életpályahasznosságot. Fogyasztónk célja ennek maximalizálása. A β paraméter türelmetlenséget jelöl, megmutatja, mennyivel többre értékeli a mai fogyasztását, mint a holnapit. Konvenciók alapján ez a paraméter $0 < \beta < 1$.

Euler-egyenlet:

$$\frac{\partial u(c_t, L_t)}{\partial C_t} = \frac{\partial u(c_{t+1}, L_{t+1})}{\partial C_{t+1}} \beta(1 + r) \tag{3.8}$$

Talán a legfontosabb összefüggés. Megmutatja, hogy a fogyasztónk hogyan osztja el két periódus között a fogyasztását. A t időpontbeli fogyasztás határhasznosságának (marginal utility - MU), meg kell egyezni a $t + 1$ időpontbeli fogyasztás határhasznosságának reálkamattal felnövelt (ennyivel többet fogyaszthatna jövőre, ha most eggyel kevesebb egységet fogyasztana), és türelmetlenséggel súlyozott (ennyivel értékeli kevesebbre) értékével.

Munkakínálat:

$$w_t \frac{\partial u(c_t, L_t)}{\partial C_t} = \frac{\partial u(c_t, L_t)}{\partial L_t} \tag{3.9}$$

A fenti egyenlet megfelelő átrendezése után kapjuk a munkakínálati függvényt. Mutatja, hogy a fogyasztó ismét csak egyensúlyt keres a fogyasztás határhaszna, és a munka határhaszna között.

Tőkekínálat/arbitrázsmentességi feltétel:

$$r^K_{t+1} - \delta = r_{t+1} \tag{3.10}$$

Az implicit tőkekínálati függvény mutatja, hogy a tőke reálbérleti díjának amortizációval korrigált értékének meg kell egyeznie a reálkamatlábbal, ugyanis, ha ez nem állna fenn, arbitrázsra lenne lehetőség.

Fogyasztó intertemporális költségvetési korlátja:

$$(1 + r)B_1 + PV(Y) = PV(C) + PV(I) + PV(G) + \lim_{t \to \infty} \frac{B_{t+1}}{(1 + r)^{t-1}} \tag{3.11}$$

Az egyenlet bal oldala mutatja a fogyasztó élete során megszerzett jövedelmének jelenértékét, kiegészítve az induló vagyonnal, bal oldala pedig egész életének kiadásait. A transzverzalitási feltételnek köszönhetően

[3] RBC modell esetén már nem elegendő a Lagrange módszer, más megoldást kell keresnünk, ilyen például az Uhlig-algoritmus, vagy sajátérték-sajátvektor dekompozíció Marimon and Scott [1999]

a határértéknek 0-val kell egyenlőnek lenni (a fogyasztó nem halmozhat fel betét vagy adósságállományt a végtelen időhorizonton. Emellett a modelljeim egyikében sem fogok kormányzati kiadásokkal foglalkozni, $PV(G) = 0$ minden esetben.

A vállalati oldal

Termelési függvény:

$$Y_t = a_t K_t^{\alpha} L_t^{1-\alpha} \tag{3.12}$$

A modelljeim alapfeltevése, hogy a termelt mennyiséget (Y) három tényező befolyásolja, a termelékenységi paraméter (a), a tőke mennyisége (K), és a munka mennyisége (L). A fenti függvényforma úgynevezett Cobb-Douglas, mely nevezetes tulajdonságai miatt különösen közkedvelt a modellezők közt (elsőfokon homogén, konstans rugalmasság, stb.)

Tőkekereslet:

$$\frac{\partial Y(K_t, L_t)}{\partial K_t} = r_t^K \tag{3.13}$$

A termelési függvény tőke szerinti parciális deriváltjának, azaz a tőke határhozamának meg kell egyeznie a tőke árával, azaz a tőke reálbérleti díjával (r_t^K)

Munkakereslet:

$$\frac{\partial Y(K_t, L_t)}{\partial L_t} = w_t \tag{3.14}$$

A termelési függvény munka szerinti parciális deriváltjának, azaz a munka határtermékének meg kell egyeznie a munka árával, azaz a reálbérrel (w_t)

Megkötések

Továbbá alkalmazok olyan megkötéseket, amely megkönnyíti a számolást, a központi kérdésem szempontjából teljesen irreleváns, hogy bevezetem-e őket, vagy sem.

Mindhárom vizsgált modellemben feltételezem, hogy kis nyitott gazdaságokról van szó. Ez praktikusan nem jelent mást, mint hogy a reálkamatlábat az országban zajló gazdasági események nem tudják befolyásolni, azaz a modellben meghatározott, exogén változó, külső adottság.

$$\beta = \frac{1}{1+r} \tag{3.15}$$

Jelesen, a türelmetlenség mértéke pont reciproka az éves reálkamatnak. Ennek, és a 3.8. egyenletnek köszönhetően konstans fogyasztási pálya elérésére fog törekedni a fogyasztónk.

$$a_t = a_{t-1}^{\phi} e^{\varepsilon} \tag{3.16}$$

Mindhárom modellem sztochasztikus jellegét a fent leírt összefüggés adja. Eszerint a termelékenységi paraméter egy AR(1) folyamat szerint változik, megspékelve egy fehér zaj transzformált alakjával.($\varepsilon \sim N(0,1)$ egy 0 várható értékű, 1 varianciájú normális eloszlású változó). A logaritmálásra szükség van, így kötöm meg, hogy az a_t paraméter csak pozitív értéket vehessen fel.

3.1.3. Várakozás

A dolgozatom központi kérdése, hogy vajon különböző várakozási struktúrák mentén is kialakulhat-e ugyanolyan gazdasági mechanizmus, pl. egyensúly, vagy adott esetben egyensúlytalanság. Tekintsük végig a dolgozatom szempontjából fontos várakozási struktúrákat.

Racionális várakozás

A racionális várakozások hipotézise szerint a gazdaság szereplői az összes információt hatékonyan felhasználják, így tévedéseikben nem lehetnek előre jelezhető szabályszerűségek. Ezen megfontolás fontosságát Lucas [1976] hagsúlyozta, bírálta azokat a modelleket, ahol ezt a feltételezést nem alkalmazzák, innen a név, Lucas-kritika.

Visszatekintő tanulás

Dolgozatomban a fent említett Racionális várakozások feltételét módosítom. Modelljeimben a fogyasztók, ágensek nem racionális módon alakítják ki jövőről alkotott képüket, hanem a visszatekintő tanulás módszerét alkalmazzák, amely véleményem szerint valamilyen szinten közelebb hozhatja a modellbeli szereplők gondolkodási módját a valóságban végbemenő folyamatokhoz.

Rengeteg támpontot nyertem a Evans and Honkapohja [2001],Mitra et al. [2012] műhelytanulmányokból, dolgozatom legfőbb forrásai ezek voltak. Az adaptív tanulás egy nagyon pontos leírása megtalálható Mitra et al. [2011]-ban.

Az adott modellparaméterekhez tartozó várható értéket a fogyasztók tehát a következőképp alakítják ki (termelékenységi paraméterre pl.):

$$E[a_t] = \hat{\alpha} + \hat{\beta} a_{t-1} \tag{3.17}$$

Jelesen, ismerik a múltban kialakult összes paraméter értékét, ezeket számításba veszik, és ahol szükséges a jövőbeli modellparaméter várható értéke, ott a korábbi, közismert értékeket felhasználják egy AR(1) (lásd a 3.3 egyenletet) regresszió becsléséhez, amit a fent ismertett OLS módszerrel végeznek. Ahol szükséges nem csak a paraméter t-edik periódusbeli várható értéke, hanem a $(t+i)$-edik is, ott előreiterálják a becslést, méghozzá dinamikus módon, felhasználva a becsült értékeket is.

Fontos megemlíteni, hogy ezt a becslést minden periódusban elvégzik. Ez adja a tanulás lényegét. Magyarul, az AR folyamatot minden periódusban újra lefuttatják, kibővítve a magyarázó és magyarázott változók vektorát az újonnan megismert értékekkel. Ez adja a modell egyfajta mozgását, változását, így mondhatjuk, hogy beleveszik számításba a korábban elkövetett előrejelzési hibáikat, tévedéseiket, haladnak az idővel, egyre jobban, vagy esetleg rosszabbul ismerik meg a gazdaságot, azaz a modell paramétereit.

A programozhatóság érdekében azonban szükséges egy kezdeti időszak, (az én modelljeimben $t = 1, 2, 3$ ilyenek) ahol tulajdonképpen tetszőleges adatokat, megfigyeléseket adunk meg, hogy a fogyasztónk életének már az első időszakában (ekkor a három kezdeti időszak miatt ez $t = 4$) rendelkezésére álljon egy kiinduló adatsor, aminek segítségével elvégezheti az előrejelzését. Természetesen a kezdeti értékek eljesen érdektelenek, a lényeg az, hogy a későbbi adatok beolvasztásával közelebb kerül-e az egyensúlyi állapothoz. Enélkül nem indulna a modell, a fogyasztó nem tudna mire alapozni.

3.1.4. A különböző modellfutáshoz tartozó ábrák értelmezése

Minden mondellem futását szemléltettem egy grafikonon, különböző paraméterek kiemelésével, kirajzolásával.

Amit érdemes megjegyeznem, minden ábrára igaz egységesen:

- ahol két görbe található egy diagramon, ott a piros görbe jelzi az adott érdék ténylegesen kialakult értékeit, a kék pedig az ezekre korábbi időszakokban kialakított várakozásokat

- ahol egy görbe található egy diagramon, ott értelemszerűen a ténylegesen kialakult értékeket ábrázoltam, méghozzá kék görbével, a fogyasztó nem alkotott várakozásokat ezekkel a változókkal kapcsolatban

- minden futás 100 időszakot ábrázol (kivétel természetesen, ahol jelölve van az ettől történő eltérés)

- minden futás első 10 időszaka az úgynevezett "bemelegedés" rész, ahol a fogyasztónk még csak"ismerkedik a modellel", ezeket érdemes figyelmen kívül hagyni

3.2. OLG

Az Overlapping Generations, azaz Együttélő nemzedékek modellje egy a neoklasszikus modellcsalád tagjai közül. Lényege, hogy végtelen időszakig élő egy reprezentatív fogyasztó helyett véges időszakig élő, ám végtelen számú fogyasztót feltételez. Az alapmodellben (amely variációit fogom felhasználni) a háztartások két időszakig élnek, minden periódusban születik egy új nemzedék, pontosan akkora létszámmal, mint a megelőző nemzedék (így akár tekinthetők egységnyinek). A fiatal nemzedék vagyon nélkül születik, dolgozik, konstans munkakínálat mellett, ám megvásárolja az idős nemzedéktől a tőkeállományt. Az idős nemzedék megkapja a beruházásának hozamát, azaz a befektetett tőkemennyiség után járó tőke reálbérleti díjat. Mindkét nemzedék fogyaszt. Természetesen a transzverzalitási feltételnek köszönhetően az idős nemzedék nem halmozhat fel adósságállományt.[4]

3.3. OLG^V I.

Saját készítésű OLG modellem tulajdonképpen demonstráló jellegű, bemutatom, hogyan is működik a tanulás egy egyszerű modellen keresztül. Lényege a következő: Egy fogasztó 2 időszakig él és tevékenykedik. Az első időszakban meghatározza, mennyit dolgozik, ezért az időszak végén megkapja a reálbért (fiatal stádium). Más jövedelme csak az előző fogyasztónktól átmentett vagyonából származik (lásd a 3.23. egynelet). Az első és második időszakban is fogyaszt, az első időszak végén megtakarít.

A tanulás időzítését ebben a modellemben kicsit érdekesnek lehet nevezni, célom inkább volt a tanulás bemutatása, mint a minél szavatosabb modellmegfogalmazás.

Feltételezem, hogy az adott t időszakban a fogyasztó nem ismeri az adott időszaki reálbér értékét, csak becslést tud rá készíteni. Tudja, hogy a vállalat optimálisan dönt (lásd a 3.24. egyenlet), ezért a reálbér értékének meg kell egyezni a termelékenységi paraméter értékével. Ám modellem legfontosabb feltevése, hogy a fogyasztó ezt az értéket nem ismeri, ezért az a feladata, hogy megbecsülje t. időszakban a t-edik időszaki termelékenységi paramétert. Ezt a fent leírt módon teszi. A vállalat azonban már ismeri t-edik időszakban ezt a paramétert, ez alapján határozza meg a reálbért.

A következőkben egy adott fogyasztó életének első periódusát $t = 1$-el, második periódusát $t = 2$-vel fogom jelölni.

$$Y_1 \quad = \quad a_1 L_1 \tag{3.18}$$

Tekintve, hogy a modellben nincs tőke, a termelési függvény jelen esetben csak a termelékenységtől, és a munkától függ, méghozzá lineárisan.

[4] Vincze János Tanár Úr előadása alapján

$$u(C_t, L_t) = lnC_t + ln(1 - L_t) \tag{3.19}$$

$$U = \sum_{t=1}^{2} \beta^{t-1} E[u(C_t, L_t)] \tag{3.20}$$

Az életpályahasznossági függvény két időszak hasznosságát (fiatal- és időskor) összegzi, fogyasztónk célja ennek maximalizálása.

$$\frac{1}{C_1} = \frac{1}{E[C_2]}\beta(1+r) \tag{3.21}$$

$$\frac{w_1}{C_1} = \frac{1}{1 - L_1} \tag{3.22}$$

Ebben a konkrét esetben így néz ki az egyetlen Euler-egyenlet, és a munkakínálati függvény.

$$(1+r)B_1 + E[Y_1] = C_1 + \frac{E[C_2]}{1+r} + \frac{E[B_3]}{1+r} \tag{3.23}$$

A költségvetési korlát is relatíve egszerű, csak egy időszakban szerez jövedelmet, és csak fogyasztásra költheti. Érdemes szót ejteni a megtakarítás értékeiről (B_1 és B_3). Az alap OLG modell feltevései szerint a transzverzalitási feltétel érvényben van, nem keletkezhet megtakarítás, vagy hitel a fogyasztó élete végén. Ezt a fogyasztónak, (és a modellezőnek) könnyű betartania, a racionális várakozások révén pontosan úgy alakítja várakozásait, ahogy azok be fognak következni, így nem történhet meg, hogy elszámítja magát, és mégis szükségszerű hitelt vagy betétet hátrahagynia. Ám az én modelljeimben erre nem mindig van lehetőség, ugyanis közelsem biztos, hogy úgy fog alakulni a jövő, ahogy a fogyasztó várakozásait alakítja. Ezért két út kínálkozott számomra. Az első szerint ha extra, nem várt jövedelme képződik a második periódusban, azt fogyasztásra költi, ha pedig túlságosan eladósodott, egész egyszerűen nem tudja visszafizetni a kölcsönt, eladósodva hal meg, a hitelintézet csődbe megy. A második megoldás szerint ezt a felhalmozott vagyont vagy hitelt örökli a következő nemzedék. Én a második alternatívát választottam. Így ha az első nemzedék felhalmoz/eladósodik, akkor a harmadik nemzedék jár jól/pórul.[5]

$$w_1 = a_1 \tag{3.24}$$

A termelési függvény konrét alakjának köszönhetően az adott időszaki reálbér pontosan meg fog egyezni a termelékenységi paraméter értékével.

$$B_0 + E[a_1]L_1 = C_1 + \frac{E[C_2]}{1+r} + \frac{E[B_3]}{1+r} \tag{3.25}$$

Így az intertemporális korlát is átírható ebbe a formába. [6]

$$(1+r)B_1 + E[a_1]\left(1 - \frac{C_1}{E[w_1]}\right) = (1+\beta)C_1 \tag{3.26}$$

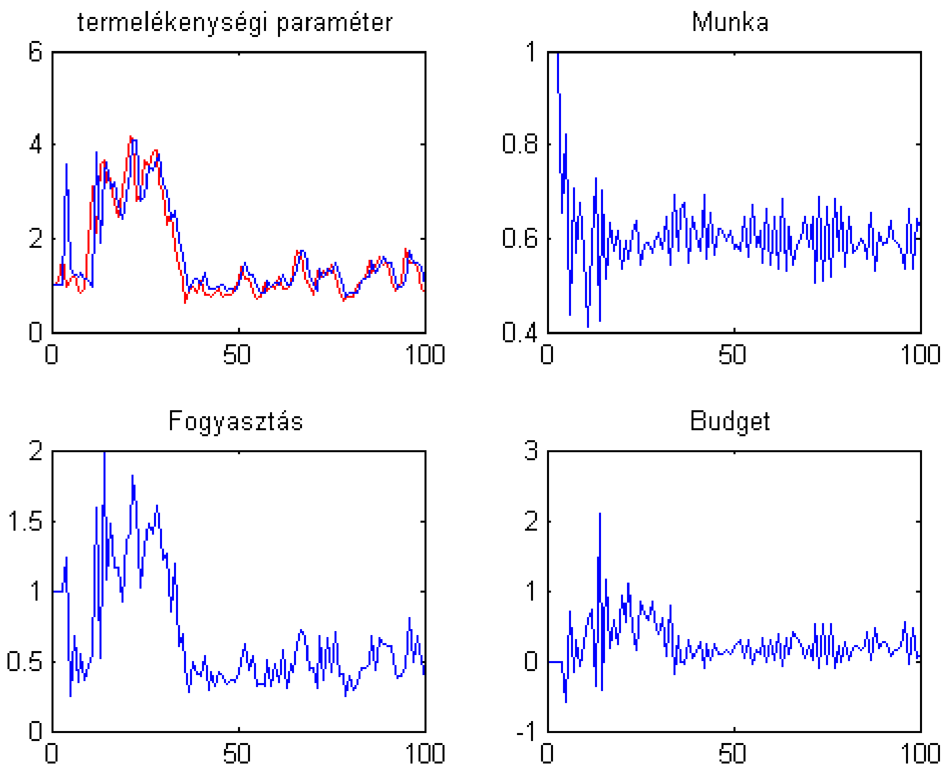
Már csak egyetlen feladat maradt, a fenti egyenlet megoldása, ahol az egyetlen ismeretlen a C_1 paraméter értéke. Feltételezzük, hogy a fogyasztó arra törekszik, hogy élete végén, ha nem szükségszerű, nem akar eladósodni/megtakarítani, úgy alakítja döntését, hogy a B_3 paraméter értéke 0 legyen.

[5] Megjegyzés: Az első és a második nemzedék 0 kezdeti vagyonnal indul.

[6] Itt fontos megjegyeznem, hogy $E[w_tL_t] \neq E[w_t]E[L_t]$, csak ha $cov(w_tL_t) = 0$. Ezt természetesen nem állítom, ám a fogyasztóról feltett korlátozott racionalítás hipotézisébe ez belefér, emellett nagyban leegyszerűsíti a számítás, sőt talán jobban meg is ragadja a valóságot.

3.3.1. A modell lefutása

Először lásd a 3.1.4. részt.



3.1. ábra. OLG^V I. modell egy lefutása

A futásból leszűrt következtetések:

- A fogyasztó megtanulja a termelékenységi paraméter alakulását
- A Budget paraméter értéke lecseng 0-hoz, ez kvázi teljesíti a transzverzalitási feltételt
- a munka és a fogyasztás is beáll egy értékre, ám első látásra zajosnak tűnik
- a tapasztalatok bíztatóak, úgy tűnik nem olyan rossz megközelítés az adaptív tanulás

3.4. OLG^V II.

OLG^V II. modellem sokban hasonlít az előző részben megismert OLG^V I. modellemhez, ezért inkább csak a különbségekre helyezem a hangsúlyt. A két periódusig élő fogyasztóm már nem csak az első időszakban szerez jövedelmet, hanem megörökli az előző nemzedék maradék tőkeállományát (amortizációval korrigálva természetesen) is, amihez az első időszakban befejtetéseket eszközölhet, majd a második időszakban ezt bérbeadhatja a vállalatnak.

Ebben a modellben már nevezhető jobbnak is az időzítés, relatíve következetesebb az előző részben megismertnél, ugyanis itt már a fogyasztó minden változó korábbi értékét ismeri, és az aktuális időszaki termelékenységi paramétert is, így végez becslést a jövőre nézve.

Itt már nem elég a termelékenységi paraméterre előrejeleznie, az igazi problémáját a 2. időszaki tőke mennyiségének eldöntése jelenti. Az aktuális időszaki kínált munkamennyiségéről könnyen dönt majd, ha ismerni fogja a tőkéért járó várható jövedelmét, ám először ezt kell kiszámolnia. Tudja, hogy a vállalat optimálisan fog dönteni, ezért érdemes kikalkulálnia a várható keresett tőkemennyiséget a második időszakra, és ekkora tőkemennyiséget érdemes felhalmoznia. Az egyetlen problémát a tőkekeresleti függvény $t = 2$ időszaki formája okozza, ugyanis megjelenik benne nem csak az akkori termelékenységi paraméter, hanem a munkamennyiség is. Tehát adott a fogyasztó feladata, a saját, várható kínált munkamennyiségét kell előrejeleznie, a korábbi kínált munkamennyiségei alapján. Ez adja a modell fűszerét, a saját jövőbeli cselekvésére fog becslést hozni.

A korábbiakhoz a hasonlóan a fogyasztóm életének első periódusát fogom $t = 1$-el, a másodikat pedig $t = 2$-vel jelölni.

$$B_1 + L_1 w_1 = C_1 + K_2 + (1-\delta)K_1 + B_2 \tag{3.27}$$

$$(1+r)E[B_2] + E[r_2^K K_2] = E[C_2] + E[B_3] \tag{3.28}$$

Az intratemporális költségvetési korlátban megjelenik immáron a beruházás, majd pedig a bezsebelt tőke reálbérleti díj is.

$$B_1 + L_1 w_1 + \frac{E[r_2^K K_2]}{1+r} = (1+\beta)C_1 + K_2 - (1-\delta)K_1 + \frac{E[B_3]}{1+r} \tag{3.29}$$

Az intertemporális költségvetési korlát. Már közel járunk a megoldáshoz. Itt is az előző modell feltevéseit alkalmazom (lásd a 3.26. egyenlet, a megtakarítás értékével kapcsolatban).

$$\alpha a_2 K_2^{1-\alpha} L_2^{1-\alpha} = r_2^K \tag{3.30}$$

$$(1-\alpha) a_1 K_1^{\alpha} L_1^{-\alpha} = w_1 \tag{3.31}$$

A vállalat két optimális döntését írja le a fenti két egyenlet.

$$\alpha E[a_2] K_2^{1-\alpha} E[L_2]^{1-\alpha} = r_2^K \tag{3.32}$$

A fogyasztó ily módon képez várakozásokat, majd helyettesíti be azokat a tőkekeresleti egyenletbe. Ez alapján határozza meg a következő időszakra szükséges tőke mennyiségét. A tőke reálbérleti díja az arbitrázsmentességi feltételnek köszönhetően ismert.

$$\frac{(1-\alpha) a_1 K_1^{\alpha} L_1^{-\alpha}}{C_1} = \frac{1}{1-L_1} \tag{3.33}$$

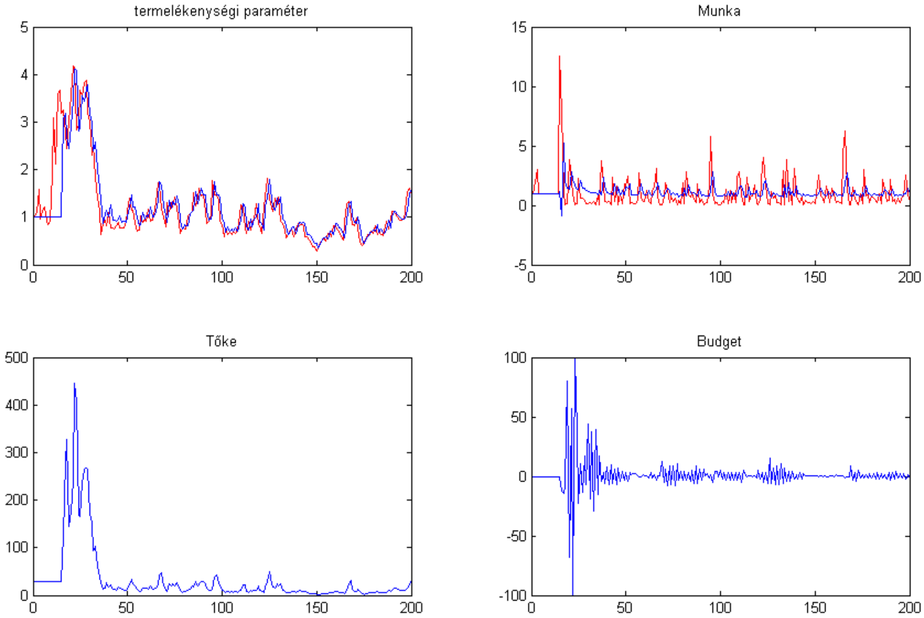
Ez után már nincs más dolgunk, mint átírni a fogyasztó munkakeresleti függvényét a fent látható formába, hogy végül behelyettesíthessük azt az intertemporális költségvetési korlátba.

$$B_1 + a_1(1-\alpha) K_1^{\alpha} L_1^{(1-\alpha)} + \frac{a_2 \alpha K_2^{\alpha} L_2^{(1-\alpha)}}{1+r} = (1+\beta)C_1 + K_2 - (1-\delta)K_1 \tag{3.34}$$

Ha mindent jól csináltunk, itt is már csak egyetlen ismeretlen marad (a fogyasztás és a munkamennyiség kifejezhető egymással, én a MATLAB programkód futtatásakor a munkamennyiségre oldottam meg a fenti egyenletet).

3.4.1. A modell lefutása

Először lásd a 3.1.4. részt.



3.2. ábra. OLG^V II. modell egy lefutása

A futásból leszűrt következtetések:

- A fogyasztó megtanulja a termelékenységi paraméter alakulását
- A fogyasztó megtanulja a munka értékének alakulását is, jól jelzi előre
- A tőkemennyiség és a felhalmozott betétmennyiség is a kezdeti ingadozások ellenére lecseng, beáll egy egyensúlyinak tűnő állapotra
- Fontos kiemelni, hogy a termelékenységi paraméter itt relatíve zajos, mégis relatíve korán, és szépen lecsengenek a kiugrások, ez egy jó jel
- a betétmennyiség értéke 0-hoz cseng le, ezt tulajdonképpen tekinthetjük a transzerverzalitási feltétel "kvázi" teljesülésének
- úgy tűnik, hogy az általam vizsgált tanulás alternatíváját képezheti a racionális várakozás feltevésének OLG modellek esetében.

3.5. Az alap RBC modell

Az RBC (Real Business Cycles - reál üzleti ciklusok modellje) a neoklasszikus modellcsalád egyik gyöngyszeme, igen széles körben alkalmazzák különböző formáit a gazdasági folyamatok elemzésére, magyarázása. A modell szűlőatyjai, Kydland és Prescott 2004.-ben Közgazdasági Nobel-díjat kaptak munkásságukért. Kydland and Prescott

A modell egyensúlyi ciklusmodell, állítása szerint a gazdaság magját jelentő reprezentatív fogyasztó életpályája végtelen hosszú, eszerint is optimalizál. A várakozásait racionálisan alakítja, ezért csupán a gazdaság reálváltozóiban bekövetkező sokkok befolyásolhatják a gazdasági folyamatokat, ciklusokat, a nominális változók (pl. pénzmennyiség) nem.

Dolgozatomban az RBC modell egy változatát fogom létrehozni, és vizsgálni rajta az adaptív tanulás viselkedését.

3.6. Végtelen időszakos életciklus - RBC^V modell

Végül, de nem utolsó sorban, megcsináltam az RBC modell egy variánsát, ahol a racionális várakozás feltételét lecseréltem adaptív tanulásra. Ennek hatására többek közt a modell megoldása is leegyszerűsödik, nem szükséges differenciálegyenlettekkel dolgozunk, elég, ha a korábban megismert utat járjuk, egy minimális változtatással. A várakozás lecserélésén kívül minden feltétel az alap RBC modell feltevései szerint alakul.

Itt szeretném megjegyezni, hogy a jelölt esetektől (konkrétan a fogyasztásra és a tőkemennyiségre vonatkozó paramétereken kívül minden paraméterre) eltekintve a fogyasztó a t-edik periódusban az összes későbbi, $t+1$, $t+2$, stb. periódus értékére várakozást képez, előrejelzést készít, tehát a szükséges jelölés, ahogy korábban is alkalmaztam az $E[X_{t+1}]$, stb. lenne, ahol az X egy tetszőleges változó. Ettől szeretnék eltekinteni, mivel jelen esetben a dolgozat szempontjából fontosabb a képletek relatív átláthatósága, mint ez a szakszerű jelölés. Természetesen a jelölés hiánya ellenére ezek az értékek mind várakozások a változó jövőbeli értékére.

A vállalat problémái:

$$Y_t = a_t K_t^{\alpha} L_t^{1-\alpha} \tag{3.35}$$

$$\alpha a_t K_t^{1-\alpha} L_t^{1-\alpha} = r_t^K \tag{3.36}$$

$$(1-\alpha) a_t K_t^{\alpha} L_t^{-\alpha} = w_t \tag{3.37}$$

A vállalati termelést az adott időszaki tőke, a munka, és a termelékenységi paraméter értéke határozza meg. A vállalat ezekről a 3.13, és a 3.14. egyenletek szerint dönt.

A fogyasztó problémái:

$$u(C_t, L_t) = lnC_t + ln(1-L_t) \tag{3.38}$$

$$U = \sum_{t=1}^{\infty} \beta^{t-1} u(C_t, L_t) \tag{3.39}$$

$$\beta = \frac{1}{1+r} \tag{3.40}$$

$$\frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_{t+1}} \beta(1+r) \tag{3.41}$$

$$\frac{w_t}{C_t} = \frac{1}{1-L_t} \tag{3.42}$$

$$r_{t+1}^K - \delta = r_{t+1} \tag{3.43}$$

A gazdaságban egy fogyasztó él, méghozzá végtelen ideig, eszerint maximalizálja életpályahasznosságát, amit a különböző időszakokban történő fogyasztás, és munka befolyásol, a fent leírt módon. Az Euler egyenlet, és a 3.15. megkötés miatt tökéletesen simítja fogyasztási pályáját, minden periódusban ugyanannyit szerente fogyasztani. A munkakínálati és az arbitrázsmentességi feltétel a szokásos módon alakul.

A fogyasztó intertemporális költségvetési korlátja:

$$B_1 + PV(Y) = PV(C) + PV(I) \tag{3.44}$$

A termelés, azaz a fogyasztó bevételeinek jelenértékét átírhatjuk a tőke bérbeadásából származó, és a munkaerő felajánlásából származó jövedelmek jelenértékére. [7]

$$B1 + PV(r^K_{t+1}K_{t+1}) + PV(w_tL_t) = \frac{\overline{C}_1}{(1-\beta)} + PV(K_{t+1} - (1-\delta)K_t) \tag{3.45}$$

$$\begin{aligned} PV(r^K_{t+1}K_{t+1}) &= r^K_1 K_1 + \frac{r^K_2 K_2}{1+r} + \frac{r^K_3 K_3}{(1+r)^2} + \dots \\ &= \sum_{t=1}^{\infty} \frac{\alpha a_t K_t^{\alpha} L_t^{1-\alpha}}{(1+r)^{t-1}} \end{aligned} \tag{3.46}$$

$$\begin{aligned} PV(w_tL_t) &= w_1L_1 + \frac{w_2L_2}{1+r} + \frac{w_3L_3}{(1+r)^2} + \dots \\ &= \sum_{t=1}^{\infty} \frac{1 - \alpha a_t K_t^{(\alpha-1)} L_t^{1-\alpha} K_t}{(1+r)^{t-1}} \end{aligned} \tag{3.47}$$

$$\begin{aligned} PV(I) &= K_2 - (1-\delta)K_1 + \frac{K_3 - (1-\delta)K_2}{1+r} + \\ &+ \frac{K_4 - (1-\delta)K_3}{(1+r)^2} + \dots \end{aligned} \tag{3.48}$$

A fent leírt összefüggések adják a fogyasztó korlátják. Ennek tudatában van, eszerint optimalizál. Várakozásait a következő szabály szerint alakítja, ha a t-edik periódusban vizsgáljuk a fogyasztót:

- minden t-edik periódust megelőző periódus változóinak kialakult értékeit ismeri (munkabér, tőkemennyiség, stb.), és ismeri a t-edik időszaki termelékenységi paramétert is.
- minden t-edik periódus utáni változók értékére a korábban bemutatott módon előrejelzést készít
- a t időszakot követő időszakok kínált munkamennyiségét sem döntési változóként kezeli, ezekről is előrejelzést készít

Ezek alapján a fogyaszó feladata:

- Mivel tudja, hogy a vállalat optimálisan hozza meg döntéseit, t-edik periódusban döntenie kell a $K_{t+1}, K_{t+2}, K_{t+3}, \dots$ értékeiről, a várakozásai, és a a 3.13. egyenlet alapján. Ezt természetesen minden periódusban újra elvégzi, ismeretei frissítése után.[8]
- Ezután fel kell építenie a költségvetési korlátják, ahol a jövedelmei, és a kiadásai szerepelnek. Ha minden későbbi paraméter várható értékét veszi, a későbbi tőkemennyiségekről már meghozta döntését, akkor az Euler-egyenlet miatt már csak két döntési változója maradt, az aktuális időszaki fogyasztás, és az aktuális időszaki munka mennyisége.
- Ekkor már nincs más feladata, mint az aktuális időszaki munkakínálati függvény (lásd a 3.9. egyenlet) alapján helyettesíteni a két változó közül az egyiket (és ekkor ismét egy egyismeretlenes egyenlethez jutunk)

Azt még nem tisztáztam, hogyan kezelem numerikusan a végtelen időszak problémáját. Két megoldás kínálkozott. Az első szerint a fogyaszó praktikusan végtelen időszakra előre becsül, amit a gyakorlatban

[7]Itt fontos megjegyeznem, hogy $E[w_tL_t] \neq E[w_t]E[L_t]$, csak ha $cov(w_tL_t) = 0$. Ezt természetesen nem állítom, ám a fogyasztóról feltett korlátozott racionalítás hipotézisébe ez belefér, emellett nagyban leegyszerűsíti a számítás, sőt talán jobban meg is ragadja a valóságot.

[8]Megjegyzés: természetesen erre is készíthetne előrejelzést, mint ahogy a későbbi L értékekre is teszi, de kézenfekvőnek tűnik inkább döntenie erről, ha előrejelzései vannak már a munka és a termelékenységi paraméterre, ezeket már csak vissza kell helyettesítenie a tőkekeresleti egyenletbe.

egy kellően nagy számmal helyettesítek, például 1000. Ekkor az ezutáni jövedelmek és kiadások jelenértéke annyira elenyésző, hogy érdemben nem okozunk nagy torzítást a végtelen időszak hipotézisének. Végül nem ezt a megoldást választottam (igaz MATLAB programkódomban két sor módosításával ez a megoldás is elérhetővé válik, igaz ekkor ugrászszerűen megnő a program lefutásához szükséges idő, tekintve, hogy minden periódusban $2 * 1000$ darab előrejelzést kell elvégeznie. Ehelyett a következő megoldást alkalmaztam.

Itt szeretném bevezetni azt a jelölésrendszert, mely szerint a fogyasztó t-edik, aktuális periódusát, amikor meghozza döntését, fogom $t = 1$-el jelölni, a következő periódust $t = 2$-vel, stb. Ezután a különböző periódusok jelölésére érdemes lenne a t index helyett egy másikat találni, ettől most eltekintek. A fogyasztóm m időszakra készít előrejelzést, méghozzá a fent részletezett módon. Így képezi a várható értékét a $t = 2, 3, \ldots m + 1$ periódusokhoz tartozó változóknak (természetesen ahol szükséges). És hogy teljes legyen a kép: az $m + 2$-edik időszaktól kezdve veszi a folyamatok várható értékét (lásd a 3.5. egyenlet), ez lesz a $t = m + 2 \ldots \infty$ összes többi időszak változóira képzett előrejelzése. Ez kézenfekvőnek tűnik, az AR modellel történő előrejelzést csak rövidtávra szokták javallani, ezért nem tűnik rossz gondolatnak az, hogy a fogyasztó ezután általánosít, és csak a folyamat lényegével, a várható értékével törődik. Ennek következtében az $\overline{a}$, $\overline{K}$, $\overline{L}$ konstansok lesznek a $t = m + 2 \to \infty$ időhorizonton. Ezért a konstans r reálkamatláb következtében alkalmazható a végtelen mértani sor képlete a következő értékekre.

$$
\begin{aligned}
PV(I)_{m+2\to\infty} &= \sum_{t=m+2}^{\infty} \frac{K_t - 1(1-\delta)K_t}{(1+r)^{t-1}} = \sum_{t=m+2}^{\infty} \frac{\overline{K} - 1(1-\delta)\overline{K}}{(1+r)^{t-1}} \\
&= \frac{\delta\overline{K}}{(1+r)^{m+2-1}} \frac{1}{1-\frac{1}{1+r}} \qquad (3.49) \\
PV(r_k K)_{m+2\to\infty} &= \sum_{t=m+2}^{\infty} \frac{\alpha a_t K_t^{\alpha} L_t^{1-\alpha}}{(1+r)^{t-1}} = \frac{\alpha\overline{a}\overline{K}^{\alpha}\overline{L}^{1-\alpha}}{(1+r)^{m+2-1}} \frac{1}{1-\frac{1}{1+r}} \qquad (3.50) \\
PV(wL)_{m+2\to\infty} &= \sum_{t=m+2}^{\infty} \frac{(1-\alpha) a_t K_t^{\alpha} L_t^{1-\alpha}}{(1+r)^{t-1}} \\
&= \frac{(1-\alpha)\overline{a}\overline{K}^{\alpha}\overline{L}^{1-\alpha}}{(1+r)^{m+2-1}} \frac{1}{1-\frac{1}{1+r}} \qquad (3.51)
\end{aligned}
$$

Ezután már csak összegezni kell a fent látható $PV(I)_{m+2\to\infty}$, $PV(r_k K)_{m+2\to\infty}$, $PV(wL)_{m+2\to\infty}$ értékeket a $PV(I)_{1\to m+1}$, $PV(r_k K)_{1\to m+1}$, $PV(wL)_{2\to m+1}$[9] értékekkel, és meg is kaptuk az áhított költségvetési korlát azon formáját, ahol csupán két ismeretlen, a t-edik időszaki fogyasztás, és a t-edik időszaki munka marad. . Ezekre természetesen az eltérő a_t, L_t előrejelzések miatt zárt képlet nem adható, ellenben MATLAB programmal könnyen összegezhető.

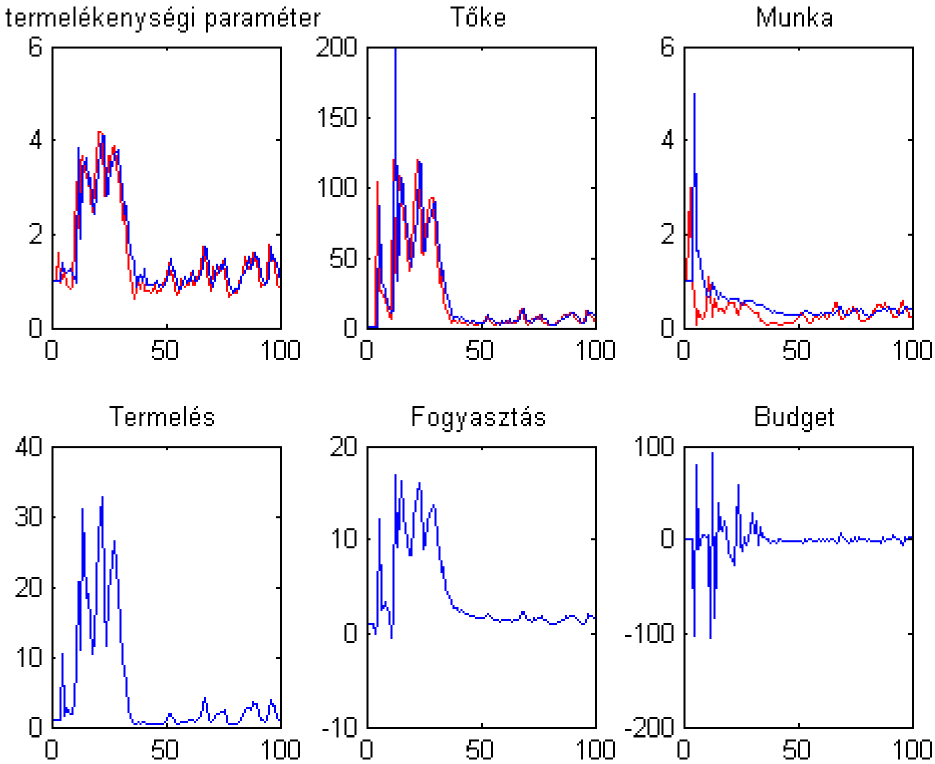
3.6.1. A modell lefutása

Először lásd a 3.1.4. részt.

A futásból leszűrt következtetések:

- A fogyasztó megtanulja a termelékenységi paraméter alakulását
- A fogyasztó megtanulja a munka és a tőke (igaz erre nem készít előrejelzést, csak dönt a későbbi értékéről, az ábra ezt mutatja, hogy az előrejelzett döntés, és a tényleges milyen közel esnek egymáshoz) értékének alakulását is, jól jelzi őket előre

[9](fontos kiemelni, hogy itt az értéket csak a 2. időszaktól indulva szabad összegezni, ugyanis az 1. időszaki munkájáról a fogyasztó nem készít előrejelzést, hanem dönt róla, ezért L_1 a fogyasztó döntési változója)



3.3. ábra. RBC^V modell egy lefutása

- A termelés, a fogyasztás, és a felhalmozott betétmennyiség is a kezdeti ingadozások ellenére lecseng, beáll egy egyensúlyinak tűnő állapotra
- Fontos kiemelni, hogy a termelékenységi paraméter itt relatíve zajos, mégis relatíve korán, és szépen lecsengenek a kiugrások, ez egy jó jel
- a betétmennyiség értéke 0-hoz cseng le, ezt tulajdonképpen tekinthetjük a transzerverzalitási feltétel "kvázi" teljesülésének
- úgy tűnik első látásra, hogy az általam vizsgált tanulás alternatíváját képezheti a racionális várakozás feltevésének.

Az Olvasó figyelmébe ajánlom a függelékben található másik három RBC^V modell lefutását ábrázoló diagramokat, érdemes tanulmányozni őket. Az első három a fentihez hasonló, relatíve zajos termelékenységi paraméter mellett készült, a negyedik pedig praktikusan a determinisztikus eset (minimális zajjal). Lásd B.1, B.2, B.3 ábrákat.

3.7. Kitekintés

Természetesen érzem, hogy dolgozatom csak a felszínt viszgálta meg, még tömérdek kutatási lehetőség kínálkozik ebben a témában.

Véleményem szerint a kialakított modelljeimet két irányból érdemes elkezdeni megváltoztatni, bonyolítani.

Egyrészt a sztochasztikus jelleg bonyolításával érdekes lehet próbálkozni, meg lehet vizsgálni, mi van, ha a termelékenységi paraméter nem egy egyszerű AR(1)-es folyamatot követ, hanem valami bonyolultabb sinusos ingadozás, vagy ARMA(p,q) folyamat szerint alakul

Másrészt érdekes lehet a fogyasztó tanulási struktúrájába új változókat is bevonni, megvizsgálni, mi történik, ha egy paramétert nem csak önmaga korábbi értékeivel, hanem más, megismert változók értékeivel is magyaráz.

Harmadrészt érdemes lenne megvizsgálni, hogy miért alakult ki az RBC modellemen belül egyensúlyi állapot, miközben a racionális várakozás feltételezése mellett ilyen nem létezik kis nyitott gazdaság esetén.

És ezen kívül is természetesen a lehetőségek tárháza végtelen, úgy érzem, érdemes ezzel a témával hosszú órákat eltölteni.

4. fejezet

Összegzés

Dolgozatom központi témája tehát a viselkedési gazdaságtan egyik, racionálistól eltérő várakozási struktrúrák vizsgálatával foglalkozó ágának modellezése volt.

A munkámat egy rövid elméleti összefoglalóval kezdtem, ahol végigtekintettem a viselkedési gazdaságtan kialakulásának kulcsfontosságú állomásait, és legfontosabb irányzatait.

Ezután a szükséges fogalmak tisztázása után részletekbemenően megvizsgáltam a racionális várakozások alternatíváját képező adaptív tanulás elméletét, majd az elméletet átültettem a gyakorlatba, és három modellt (két OLG és egy RBC) alkottam, méghozza adaptív tanulást feltételezve.

Arra a következtetésre jutottam, hogy abban a feltételrendszerben, amit én alkalmaztam, a fogyasztó igen gyorsan képes megtanulni a gazdaság paramétereit, és valami, racionális várakozáshoz közeli egyensúlyi állapotba kerül ezáltal a gazdaság. Ezen feltételek mellett tehát az adaptív tanulást helyettesítője lehet a racionális várakozásoknak.

Irodalomjegyzék

M. Rabin C.F. Camerer, G. Loewenstein. *Advances in Behavioral Economics.* New York Princeton University Press, 2004.

George W. Evans and Seppo Honkapohja. *Learning and expectations in Macroeconomics.* Princeton University Press, 2001.

George William Evans and Seppo Mikko Sakari Honkapohja. Learning dynamics. In J.B. Taylor and M. Woodford, editors, *Handbook of Macroeconomics*, pages 449–542. Elsevier, 2005.

László Hunyadi and László Vita. *Statisztika II.* Aula kiadó, 2008.

Daniel Kahneman and Amos Tversky. Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica*, 47(2), 1979. URL `citeseer.nj.nec.com/kesidis93effective.html`.

Botond Kőszegi and Matthew Rabin. A model of reference-dependent preferences. *The Quarterly Journal of Economics*, 121(4).

Finn E. Kydland and Edward C. Prescott. Rules rather than discretion: The inconsistency of optimal plans. *The Journal of Political Economy*, 85(3).

George Loewenstein, Ted O'Donoghue, and Matthew Rabin. Projection bias in predicting future utility. *The Quarterly Journal of Economics*, 118(4).

Robert E. Lucas. Econometric policy evaluation: A critique. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 1:19–46, 1976.

Kameswari Maddala. *Introduction to Econometrics.* John Wiley and Sons Ltd., 2009.

N. Gregory Mankiw. *Makroökonómia.* Osiris, 2005.

Ramon Marimon and Andrew Scott. *Computational Methods for the Study of Dynamic Economies.* Oxford University Press, 1999.

Kaushik Mitra, George W. Evans, and Seppo Honkapohja. Policy change and learning in the rbc model. Working Paper 1111, Centre for Dynamic Macroeconomic Analysis, Unversity of St. Andrews, 2011.

Kaushik Mitra, George W. Evans, and Seppo Honkapohja. Fiscal policy and learning. Research Discussion Paper 5/2012, Bank of Finland, 2012.

János Neumann and Oskar Morgenstern. *Theory of Games and Economic Behavior.* Princeton University Press, 1944.

Ted O'Donoghue and Matthew Rabin. Doing it now or later. *The American Economic Review*, 89(1).

Paul A. Samuelson. A note on the pure theory of consumer's behaviour. *Economica*, 5:61–71, 1938.

Adam Smith. *The Theory of Moral Sentiments*. London: A. Millar, 1790.

Stephen D. Williamson. *Makroökonómia*. Osiris, 2009.

A. Függelék

Matlab programkódok

A.1. OLS függvény

```
function [ B ] = OLSsajat( Y, X )
%OLSSAJAT sajat keszitesu OLS regresszio
%   Input Y magyarazott valtozo megyfigyet ertekeinek vektora
%   Input X magyarazott valtozok megyfigyelt ertekeinek matrixa
%   Kiszamitja a B regresszios koefficiens vektort
B= inv(X'*X)*(X'*Y);

end
```

A.2. "a" paramétert generáló folyamat

```
function GenerateData(fi,sigmaa)
%"a" parameter sztochasztikus AR(1) folyamatat generalo fv.
%   logaritmalt forma a pozitiv ertekek miatt
%   tartalmaz 0 varhato erteku, szigma varianciaju sokkokat
a=ones(1000,1);

for i=2:1000;
a(i)=exp(randn(1)*sigmaa)*a(i-1)^fi;
end

save data a;
```

A.3. OLG I^V

```
clear all;

%indulo adatok
    %a parameter
load data1;
    %hany ev
N=100;
```

```
    %tobbi modellparameter
Y=ones(N,1);
C=ones(N,1);
L=ones(N,1);
Budget=zeros(N,1);

Ew=ones(N,1);
Ea=ones(N,1);

r=0.1;
R=1+r;
beta=1/R;

%ciklus, hogy minden generaciora vegigfusson az ols, az elorejelzes, es a
%problemamegoldas

for i = 4:N
    t=i

        %OLS1
%AR(1) folyamatot regresszal
%ahol a(t)-t
%magyarazza a(t-1)

RY=ones(t-2,1);
for i=1:t-2
   RY(i)=a(i+1);
end

RX=ones(t-2,2);
for i=1:t-2
    RX(i,2)=a(i);
end

betahat=OLSsajat(RY,RX);

%elorejelzes
Ea(t)=betahat(1)+betahat(2)*a(t-1);


%problemamegoldas (a fogyaszto szerinti 1. ill 2. periodus)
Ew(t)=Ea(t);
c1 = fsolve (@(c1) Budget(t)*R+Ea(t)*(1-c1/Ew(t))-(1+beta)*c1 , 0.9);
C(t)=c1;
c2velt=R*(1+beta)*c1;
L(t)=1-c1/Ew(t);

        %fontos, hogy itt mar tenyleges a parameter szerint termel a
        %vallalat
Y(t)=L(t)*a(t);
Budget(t+1)=Y(t)-c1;


end
```

```
subplot(2,2,1),plot (a(1:N))
hold all
subplot(2,2,1),plot (Ea)
title ('termelekenysegi parameter')
subplot(2,2,2),plot (L)
title ('Munka')
subplot(2,2,3),plot (C)
title ('Fogyasztas')
subplot(2,2,4),plot (Budget(1:N))
title ('Budget')
```

A.4. OLG II^{V}

```
clear all;

%indulo adatok
    %a parameter
load data1;
    %hany ev
N=100;


    %tobbi modellparameter
Y=ones(N,1);
L=ones(N,1);
L(2)=2;
L(3)=3;
K=ones(N,1)*28;
C=ones(N,1);
Budget=zeros(N,1);

alfa=0.5;
delta=0.05;

EL=ones(N,1);
Ea=ones(N,1);


r=0.1;
R=1+r;
beta=1/R;

%ciklus, hogy minden generaciora vegigfusson az ols, az elorejelzes, es a
%problemamegoldas

for i = 15:N
    t=i;

    %OLS1
%AR(1) folyamatot regresszal
%ahol a(t+1)-t
%magyarazza a(t)

RY=ones(t-1,1);
for i=1:t-1
```

```
   RY(i)=a(i+1);
end

RX=ones(t-1,2);
for i=1:t-1
    RX(i,2)=a(i);
end

betahat=OLSsajat(RY,RX);

%elorejelzes
Ea(t+1)=betahat(1)+betahat(2)*a(t);

    %OLS2
%AR(1) folyamatot regresszal
%ahol L(t+1)-t
%magyarazza L(t)
%itt mar az aktualis idoszaki munkara is elorejelzes kell, hogy
%tovabbiteralhasson

RY=ones(t-2,1);
for i=1:t-2
   RY(i)=L(i+1);
end

RX=ones(t-2,2);
for i=1:t-2
    RX(i,2)=L(i);
end

betahat=OLSsajat(RY,RX);

%elorejelzes
    EL(t)=betahat(1)+betahat(2)*L(t-1);
    EL(t+1)=betahat(1)+ betahat(2)*EL(t);



%problemamegoldas (a fogyaszto szerinti 1. ill 2. periodus)
k2= fsolve (@(k2) alfa*Ea(t+1)*k2^(alfa-1)*EL(t+1)^(1-alfa)-r-delta, 0.9);
K(t+1)=k2;

l1 = fsolve (@(l1) Budget(t)*R+l1^(1-alfa)*K(t)^alfa*(1-alfa)*a(t)+
        +(alfa*Ea(t+1)*K(t+1)^alfa*EL(t+1)^(1-alfa))/R-
        -(1+beta)*((1-alfa)*a(t)*K(t)^alfa*l1^(-alfa)-
        -(1-alfa)*a(t)*K(t)^alfa*l1^(1-alfa))-K(t+1)+(1-delta)*K(t) , 0.9);
L(t)=l1;

c1=(1-alfa)*a(t)*K(t)^alfa*L(t)^(-alfa)-(1-alfa)*a(t)*K(t)^alfa*L(t)^(1-alfa);
C(t)=c1;
        %fontos, hogy itt mar tenyleges a parameter szerint termel a
        %vallalat
Y(t)=a(t)*K(t)^alfa*L(t)^(1-alfa);
Budget(t+1)=Y(t)-C(t)-K(t+1)+(1-delta)*K(t);

end
```

```
subplot(2,2,1),plot (a(1:N))
hold all
subplot(2,2,1),plot (Ea(1:N))
title ('termelekenysegi parameter')
subplot(2,2,2),plot (L(1:N))
hold all
subplot(2,2,2),plot (EL(1:N))
title ('Munka')
subplot(2,2,3),plot (K(1:N))
title ('Toke')
subplot(2,2,4),plot (Budget(1:N))
title ('Budget')
```

A.5. RBC^{V}

```
clear all;

%indulo adatok
    %a parameter
load data1;
    %hany ev
N=100;

%hany evre elore becsul
m=4;
%indulo adatok
alfa=0.5;
delta=0.05;


    %tobbi modellparameter
Y=ones(N,1);
L=ones(N,1);
L(2)=2;
L(3)=3;
I=zeros(N,1);
K=ones(N,1);
C=ones(N,1);
Budget=zeros(N,1);

    %minden fogyaszto elorejelzesehez szukseges vektorok
Ea=ones(m+2,1);
EL=ones(m+2,1);
EK=ones(m+2,1);

    %minden fogyaszto varakozasai adott parameterekre,
    %lentebb megadott idoszakra elore, vektorba gyujtve
EEa=ones(N,1);
EEL=ones(N,1);
EEK=ones(N,1);


r=0.1;
R=1+r;
```

```
beta=1/R;

%ciklus, hogy minden generaciora vegigfusson az OLS, az elorejelzes, es a
%problemamegoldas

for i = 4:N
    t=i;

    %OLS1
%AR(1) folyamatot regresszal
%ahol a(t+m)-t
%magyarazza a(t)

RY=ones(t-1,1);
for i=1:t-1
   RY(i)=a(i+1);
end

RX=ones(t-1,2);
for i=1:t-1
    RX(i,2)=a(i);
end

betahat=OLSsajat(RY,RX);

%elorejelzes
Ea(1)=a(t);
Ea(2)=betahat(1)+betahat(2)*a(t);
for i=3:m+1
    Ea(i)=betahat(1)+ betahat(2)*Ea(i-1);
end

Ea(m+2)=betahat(1)/(1-betahat(2));
EEa(t+1)=Ea(2);

    %OLS2
%AR(1) folyamatot regresszal
%ahol L(t)-t
%magyarazza L(t-1)


RY=ones(t-2,1);
for i=1:t-2
   RY(i)=L(i+1);
end

RX=ones(t-2,2);
for i=1:t-2
    RX(i,2)=L(i);
end

betahat=OLSsajat(RY,RX);

%elorejelzes
EL(1)=betahat(1)+betahat(2)*L(t-1);
for i=2:m+1
    EL(i)=betahat(1)+ betahat(2)*EL(i-1);
```

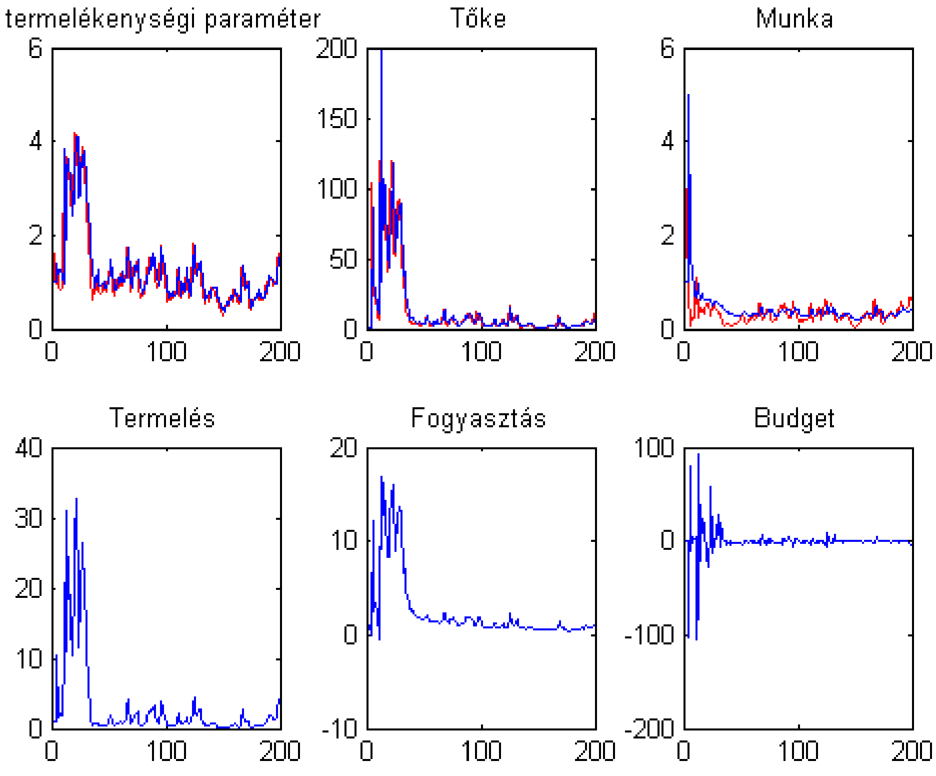
```
end

EL(m+2)=betahat(1)/(1-betahat(2));
EEL(t+1)=EL(2);


%problemamegoldas vegtelen idoszakra

for i=2:m+2
k = fsolve (@(k) alfa*Ea(i)*k^(alfa-1)*EL(i)^(1-alfa)-r-delta, 0.9);
EK(i)=k;
end
EEK(t+2)=EK(3);

K(t+1)=EK(2);
I(t)=K(t+1)-(1-delta)*K(t);

PVrK2=alfa*Ea(m+2)*EK(m+2)^alfa*EL(m+2)^(1-alfa)/R^(m+1)/(1-1/R);
PVI2=delta*EK(m+2)/R^(m+1)/(1-1/R);
PVwL2=(1-alfa)*Ea(m+2)*EK(m+2)^alfa*EL(m+2)^(1-alfa)/R^(m+1)/(1-1/R);

PVrK1=0;
PVrK1=PVrK1+K(t)*(r+delta);
for i=2:m+1
    PVrK1=alfa*Ea(i)*EK(i)^alfa*EL(i)^(1-alfa)/R^(i-1);
end

PVI1=0;
PVI1=PVI1+K(t+1)-(1-delta)*K(t);
for i=2:m+1
    PVI1=PVI1+(EK(i+1)-(1-delta)*EK(i))/R^(i-1);
end

PVwL1=0;
for i=2:m+1
    PVwL1=(1-alfa)*Ea(i)*EK(i)^alfa*EL(i)^(1-alfa)/R^(i-1);
end


l1 = fsolve (@(l1) R*Budget(t)+PVrK1+PVrK2+PVwL1+PVwL2+
    +(1-alfa)*a(t)*K(t)^alfa*l1^(1-alfa)-
    -((1-alfa)*a(t)*K(t)^alfa*l1^(-alfa)-
    -(1-alfa)*a(t)*K(t)^alfa*l1^(1-alfa))/(1-beta)-PVI1-PVI2, 0.9);
L(t)=l1;
c1=(1-alfa)*a(t)*K(t)^alfa*L(t)^(-alfa)-(1-alfa)*a(t)*K(t)^alfa*L(t)^(1-alfa);
C(t)=c1;

        %fontos, hogy itt mar tenyleges parameterek, es nem a
    %varakozasok szerint termel a
        %vallalat
Y(t)=a(t)*K(t)^alfa*L(t)^(1-alfa);
Budget(t+1)=Y(t)-C(t)-I(t);


end
```

```
subplot(2,3,1),plot (a(1:N))
hold all
subplot(2,3,1),plot (EEa(1:N))
title ('termelekenysegi parameter')
subplot(2,3,2),plot (K(1:N))
hold all
subplot(2,3,2),plot (EEK(1:N))
title ('Toke')
subplot(2,3,3),plot (L(1:N))
hold all
subplot(2,3,3),plot (EEL(1:N))
title ('Munka')
subplot(2,3,4),plot (Y)
title ('Termeles')
subplot(2,3,5),plot (C(1:N))
title ('Fogyasztas')
subplot(2,3,6),plot (Budget(1:N))
title ('Budget')
```

B. Függelék

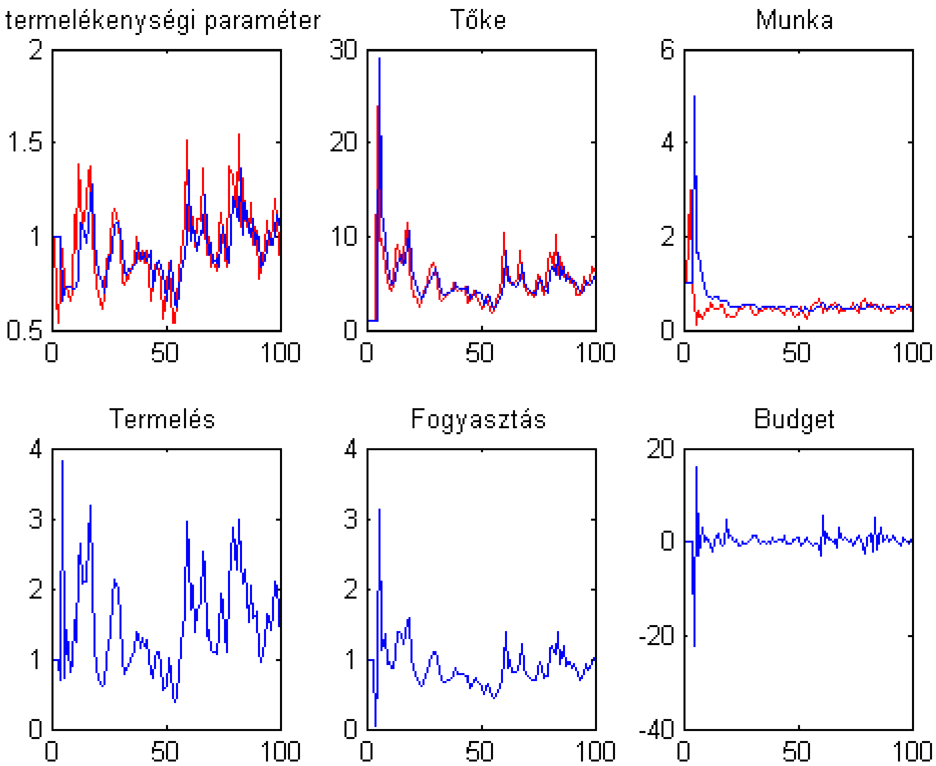
Különböző modellek lefutásai

B.1. RBC modell második futása - nagy zajjal



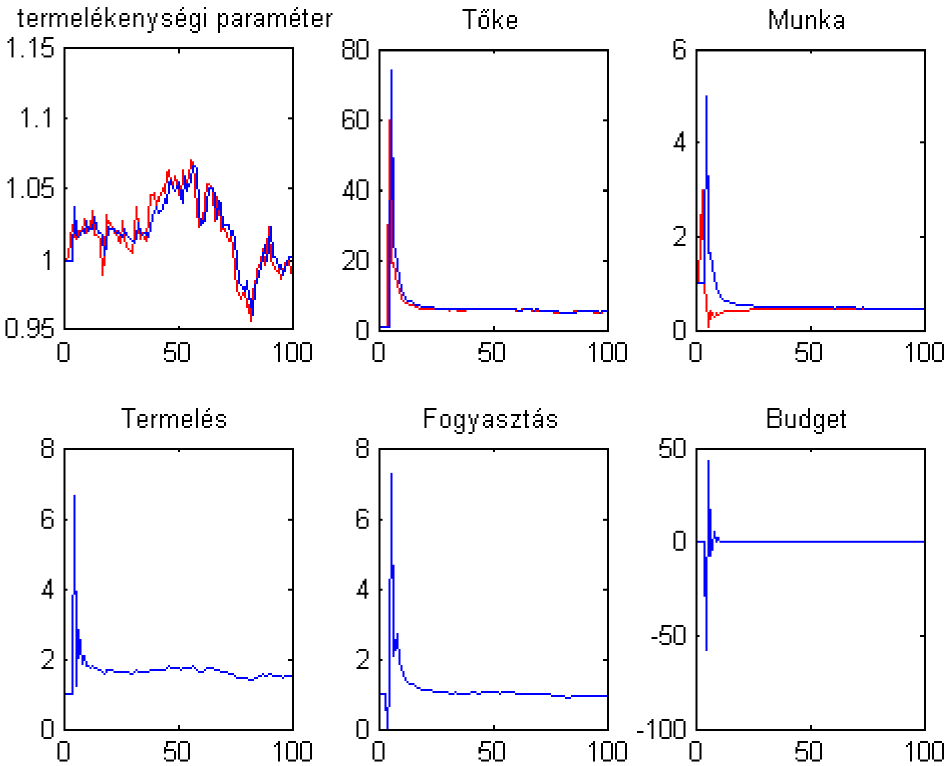
B.1. ábra. RBC^V modell egy alternatív futása

B.2. RBC modell harmadik futása - nagy zajjal



B.2. ábra. RBC^V modell egy alternatív futása

B.3. RBC modell harmadik futása - kis zajjal



B.3. ábra. RBC^V modell egy alternatív futása