

OTDK-DOLGOZAT

2015

**A CALVO-ÁRAZÁS HATÁSAI
EGY ÁGENSALAPÚ PIACI MODELLBEN**

**THE EFFECTS OF CALVO-PRICING
IN AN AGENT-BASED MARKET MODEL**

Kézirat lezárása: 2014. április 19.

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	1
2. A MODELL ÉPÍTŐKÖVEI	3
2.1. Az ármerevségek újkeynesi elméletei és a Calvo-árazás.....	3
2.2. A Calvo-árazás main stream felfogásának kritikája	6
2.3. Az ágensalapú modellezés sajátosságai	9
3. A CALVO-ÁRAZÁS BEVEZETÉSE EGY ÁGENSALAPÚ PIACI MODELLBE....	16
3.1. A háztartások és a vállalatok viselkedése	16
3.2. Statisztikák, a szimuláció menete, piaci egyensúly és stabilitás.....	21
4. SZIMULÁCIÓS ELEMZÉSEK A CALVO-ÁRAZÁS HATÁSAINAK VIZSGÁLATÁRA.....	23
4.1. A szimulációk főbb jellemzői	23
4.2. A tökéletes ármerevség esete	26
4.3. Egy vállalat és egy háztartás esete	29
4.4. A többszereplős eset	34
4.5. Az ármerevség szempontjából heterogén vállalatok esete	44
4.6. Calvo-árazás a versenytársak árainak figyelembe vételével.....	47
4.7. Hálózati hatások és a Calvo-árazás	50
5. AZ EREDMÉNYEK ÖSSZEGZÉSE ÉS A TOVÁBBLÉPÉS LEHETŐSÉGEI.....	53
5.1. Az eredmények összegzése	53
5.2. Tovább lépési lehetőségek	54
IRODALOMJEGYZÉK	56

TÁBLÁZATJEGYZÉK

1. táblázat: A szimulációk során használt paraméterértékek	23
2. táblázat: Regressziós becslések eredményei az ármerevség fokának változtatására 1 háztartás és 1 vállalat esetén	33
3. táblázat: Regressziós becslések eredményei az ármerevség fokának változtatására 10 vállalat és 100 háztartás esetén	42
4. táblázat: Regressziós becslések eredményei az ármerevségbeli heterogenitás fokának változtatására.....	46
5. táblázat: Regressziós becslések eredményei az ármerevség fokának és a versenytársak ára-ira adott reakció erősségének változtatására	49
6. táblázat: Regressziós becslések eredményei az ármerevség fokának és a versenytársak közti ismertségi hálózat sűrűségének változtatására	52

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra: Alkalmazkodási mechanizmusok a modellben.....	20
2. ábra: A keresett-, a kínált- és a termelt mennyiség alakulása tökéletes ármerevség esetén	26
3. ábra: Alkalmazkodási mechanizmusok tökéletes ármerevség esetén.....	27
4. ábra: Az ár és a termelés alakulása 1-1 szereplő és különböző fokú ármerevségek esetén	30
5. ábra: Az ár és a termelés ingadozása 1-1 szereplő és különböző fokú ármerevségek esetén.....	32
6. ábra: Az árszínvonal és az össztermelés alakulása 10 vállalat, 100 háztartás és különböző fokú ármerevségek esetén	36
7. ábra: Az árszínvonal és az össztermelés ingadozása 10 vállalat, 100 háztartás és különböző fokú ármerevségek esetén	37
8. ábra: Az árszínvonal és az össztermelés átlaga 10 vállalat, 100 háztartás és különböző fokú ármerevségek esetén.....	39
9. ábra: Piaci egyensúlytalanság az ármerevség függvényében.....	41
10. ábra: Az árszínvonal és az össztermelés ingadozása a vállalatok ármerevségbeli heterogenitásának függvényében	45
11. ábra: Az egyedi árak és mennyiségek szóródása a vállalatok ármerevségbeli heterogenitásának függvényében	45
12. ábra: Az árszínvonal és az össztermelés ingadozása különböző fokú ármerevségek és a versenytársaik árainak eltérő mértékű figyelembe vétele esetén	48
13. ábra: Az árszínvonal és az össztermelés ingadozása különböző fokú ármerevségek és a vállalatok közti ismertségi hálózat különböző sűrűségei esetén	51

1. BEVEZETÉS

Az újkeynesi elmélet térnyerésével egyre inkább központi témává vált a modern makroökonómiában az ármerevségek és következményeik vizsgálata. A main stream közgazdaságtan zászlóshajójának számító dinamikus, sztochasztikus, általános egyensúlyi modellek (DSGE modellek) gyakorlati alkalmazását éppen az tette lehetővé, hogy az újklasszikus elvekre épülő reál üzleti ciklus modellekbe (RBC modellek) újkeynesi elemként bevezették a monopolisztikus verseny mellett az ármerevségeket. Ha az árak nem tökéletesen rugalmasak, akkor van tere a monetáris politikai beavatkozásnak, mert a gazdasági szereplők sokkokhoz történő alkalmazkodása nem tud pusztán az árak változtatásában végbemenni, szükség van némi mennyiségi alkalmazkodásra is. Bár hosszú távon ilyenkor is fennáll a dichotómia a reál- és a monetáris szféra között, rövid távon képes lehet a monetáris politika befolyásolni az output alakulását. Tehát az ármerevségek bevezetése a modellekbe kulcsfontosságú volt az ahhoz vezető úton, hogy a DSGE modellek alkalmassá váljanak gazdaságpolitikai hatásvizsgálatokra.

Az ármerevségek megjelenítésének legelterjedtebb módja a DSGE modellekben a Calvo-árazás. (Calvo, 1983) Ez az árazási mechanizmus nem ad külön magyarázatot arra, hogy miért ragadósak az árak, csupán feltételezi, hogy bizonyos okokból költséges a vállalatok számára folyamatosan árat változtatni, ezért nem minden periódusban tesznek így. Az ún. Calvo-paraméter mutatja meg annak a valószínűségét, hogy egy adott időszakban egy vállalat változtathat-e árat vagy sem. Minden periódusban egymástól független „sorsolások” alapján dől el, hogy lehetőséget kap-e egy vállalat az ár változtatására. Bár az ilyen jellegű sorsolás nyilvánvalóan nem életszerű, mégis jól visszaadja azt az empirikus tényt, hogy a vállalatok nem változtatják meg minden időszakban a termékük árát, hanem csak szabálytalan időközönként módosítanak.

A DSGE modellekben a Calvo-paraméter testesíti meg az ármerevség mértékét. Ha növeljük ezt a paramétert (vagyis rugalmasabb árakat feltételezünk), akkor az árszínvonal ingadozása nő, a kibocsátás pedig csökken, mert a sokkokhoz történő alkalmazkodásban egyre nagyobb szerepet kap az áralkalmazkodás, és egyre kisebbet a mennyiségi alkalmazkodás. Ugyanakkor a gazdaság hosszú távú egyensúlyi helyzete és annak stabilitása nem változik, ez az oka annak, hogy hosszú távon ilyenkor is hatástalan a monetáris politikai beavatkozás.

A DSGE modellek azonban számos olyan irreális feltevessel élnek a gazdaság működését illetően, amelyek következtében a Calvo-féle szakaszos ármeghatározásnak eltérő következményei jelentkezhetnek a modellben, mint a valóságban. Ezek a feltevések közül ki kell

emelnünk a reprezentatív vállalat, a tökéletes informáltság, a tökéletes racionalitás és a piaci egyensúly feltevéseit. Mivel a piacok folyamatosan megtisztulnak, a keresett- és a kínált mennyiség mindig megegyezik egymással. Azonban ha elválnak egymástól a kétféle mennyiség meghatározása, akkor egyáltalán nem biztos, hogy például egy pozitív keresleti sokk esetén azonnal megnő a kibocsátás és az árszínvonal, ezért nem biztos, hogy fennáll a trade-off az ár és a mennyiség ingadozása közt az ármerevség függvényében. A tökéletes informáltság és racionalitás feltevései pedig azt eredményezik, hogy az adott időszakban árat nem változtató és emiatt átmeneti versenyhátrányba kerülő vállalatok nem módosítják lényegesen a viselkedésüket, mert tudják, hogy a hátrányuk hamarosan megszűnik. Ha viszont a vállalatok nem tökéletesen informáltak és korlátozottan racionálisak, akkor az átmeneti hátrányos helyzetek következtében beálló veszteségek hatással lehetnek a viselkedésükre. Ez pedig a DSGE modellektől eltérő piaci kimeneteket eredményezhet az ármerevség különböző fokai mellett.

Ahhoz, hogy meg tudjuk vizsgálni a Calvo-árazás hatásait a fent részletezett, realiztikusabb feltevések mellett, ki kell lépünk a main stream modellezési technikák köréből. Egy viszonylag új irányzat, az ágensalapú modellezés lehetővé teszi a valósághűbb feltevések bevezetését, ezért egy ilyen modell keretei között, szimulációs vizsgálatokkal fogjuk elemezni a Calvo-árazás hatásait.

A dolgozat a következőképpen épül fel. A 2. *fejezetben* áttekintjük a main stream közgazdaságtan nézeteit az ármerevségekről, különösképpen a Calvo-árazásról, valamint részletebben is kifejtjük, miért számítunk arra, hogy a Calvo-árazás eltérő következményekkel jár egy ágensalapú modell realiztikusabb feltevései mellett. Ezt követően bemutatjuk az ágensalapú modellezés módszertanát, és azt, hogy ez milyen tekintetben kínál más megközelítést, mint a main stream elemzési eszközei. A 3. *fejezetben* ismertetjük a vizsgálataink keretét szolgáló ágensalapú piaci modellt, és bevezetjük a modellbe a Calvo-árazást. A 4. *fejezetben* szimulációs vizsgálatok segítségével elemezzük a Calvo-árazás hatásait először egy reprezentatív háztartás és egy reprezentatív vállalat feltételezése mellett, majd többszereplős esetben. Ezután néhány olyan elemzést is elvégezzünk a témánkkal összefüggésben, amelyekre egy DSGE modell keretei közt nem lenne mód. Megvizsgáljuk, milyen hatásokkal jár, ha a vállalatok heterogének az ármerevség szempontjából, hogyan módosítja az eredményeinket, ha a vállalatok a versenytársak árait is figyelembe véve döntenek a termékük áráról, és ezzel összefüggésben milyen szerepe van a vállalatok közti ismertségi hálózat kiterjedtségének. Végül az 5. *fejezetben* összegezzük az eredményeket, és felvázoljuk a kutatás folytatásának lehetőségeit.

2. A MODELL ÉPÍTŐKÖVEI

2.1. Az ármerevségek újkeynesi elméletei és a Calvo-árazás¹

Az 1970-es évek az addig uralkodó keynesi makroökonómia válságához vezetett. Az olajválsággal összefüggésben megjelenő stagfláció a keynesiánus gondolatok alapján megmagyarázhatatlan volt, és a keynesi makroökonometriai modellek is csődöt mondtak a gazdaságpolitikai beavatkozások hatásainak előrejelzésében. Lucas (1976) híres kritikájában ezt azzal magyarázza, hogy amennyiben a racionális várakozásokat képző gazdasági szereplők számítanak a gazdaságpolitikai intervencióra, akkor előre felkészülnek rá, így az nem tudja elérni a kívánt hatásokat. A Lucas-kritika gyorsan népszerűvé vált a közgazdászok körében, és ez az újklasszikus elmélet térnyeréséhez, a keynesi gondolatok háttérbe szorulásához vezetett.

A megmaradt keynesi közgazdászoknak, akik továbbra is hittek az állami beavatkozás létjogosultságában, „hazai pályán” kellett legyőzniük az újklasszikusokat, ha bizonyítani akarták nézeteik jogosságát. Ezért az újklasszikusok kritikái közül elfogadták a racionális várakozások fontosságát és a makro-összefüggések mikro-megalapozásának igényét. Azonban a tökéletesen rugalmas ár- és béralkalmazkodás feltevését továbbra is elvetették, és megmutatták, hogy ármerevségek esetén még racionális várakozások mellett is lehet számottevő reálhatása az anticipált gazdaságpolitikai beavatkozásoknak is. Ez kitűnően látszik például a predeterminált árak Phelps és Taylor (1977) által megalkotott modelljében.

Az eredmények rávilágítottak arra, hogy az ármerevségeknek kitüntetett jelentőségük van a gazdaság működésének és a gazdaságpolitika hatásosságának szempontjából, ezért a formálódó újkeynesi iskola egyik központi témájává éppen az ármerevségek vizsgálata vált. Többféle modellt is kidolgoztak az újkeynesi közgazdászok, amelyek magyarázatot adnak az ármerevségek okaira és következményeire a gazdaságban. A szakirodalomban található megoldásokat egy lehetséges csoportosítás alapján állapotfüggő és időfüggő modellekre oszthatjuk. (Midrigan, 2006)

Az állapotfüggő modellekben a vállalatok az aktuális „állapotuktól függően” döntenek arról, hogy változtatnak-e árat. Ily módon az árváltoztatás időpontja endogén, maguk a vállalatok döntenek el az árváltoztatáshoz kapcsolódó költségek és hasznok mérlegelése alapján, hogy megváltoztatják-e a termékük árát, és ha igen, milyen mértékben. Ide tartozik a menü-

¹ Az ármerevségek újkeynesi elméleteiről jó áttekintést ad Heijdra és van der Ploeg (2002) könyve. A predeterminált árak modellje magyar nyelven megtalálható Bessenyei (2007) könyvében, Taylor bérkontraktus modellje Mellár (2008) könyvében, a modern, main stream makroökonómia elmélettörténetének összefoglalása és kritikája pedig Mellár (2010) tanulmányában.

költségek elmélete, amelyben az árváltoztatáshoz kapcsolódóan egy fix költséget kell viselniük a vállalatoknak, ami független az árváltoztatás mértékétől. (Barro, 1972; Mankiw, 1985; Blanchard – Kiyotaki, 1987) Emiatt a vállalat vagy egyáltalán nem változtat árat, vagy ha változtat, akkor mindenképp az optimális árat szabja. Szintén az állapotfüggő modellek közé sorolhatjuk a Rotemberg-árazást (Rotemberg, 1982), amelyben az árváltoztatással kapcsolatos költségek annál nagyobbak, minél nagyobb az árváltoztatás mértéke. Az ilyen modellekben a vállalatok minden időszakban változtatnak árat, de jellemzően kisebb mértékben, mint ami az optimális ár eléréséhez szükséges lenne, ezáltal az árak lassan alkalmazkodnak.

Az időfüggő modellekben nem a vállalatok döntenek el, hogy változtatnak-e árat, hanem az előző árváltoztatás óta eltelt idő függvényében kaphatnak erre lehetőséget. Tehát az árváltoztatás időpontja exogén, a modellen kívül határozódik meg. Ide tartozik a predeterminált árak modellje (Phelps – Taylor, 1977), amelyben a vállalatok a vevőkkel kötött szerződéseikben több időszakra előre rögzítik a termékük árát, és a szerződés időtartama határozza meg, hogy mikor változtathatnak rajta legközelebb. Ez makroszinten perzisztenciát visz az árszínvonal alakulásába. Hasonló mechanizmuson alapulnak a bérkontraktus modellek (Fischer, 1977; Taylor, 1979, 1980), amelyekben a munkaszerződéseket kötik meg több időszakra előre a vállalatok. Mivel az árak a bérekhez igazodnak, ezért a bérek merevsége az árszínvonalban is perzisztenciát eredményez.

A Calvo-árazás (Calvo, 1983) az időfüggő modellek egy speciális esete, ahol az árváltoztatás időpontja exogén, és két árváltoztatás közt eltelt idő hossza véletlenszerű. A fent említett modellekkel szemben a Calvo-árazás nem kíván magyarázatot adni arra, hogy miért ragadósak az árak. Az ármerevség kialakulásában minden ismertetett motiváció szerepet játszhat, azonban a következmények szempontjából csupán az a fontos, hogy a vállalatok szakszosan, szabálytalan időközönként változtatnak a termékük árán. Ezt a tapasztalati megfigyelést jól visszaadja egy olyan modell, amelyben definiálunk egy ún. Calvo-paramétert, ami megmutatja, hogy mekkora a valószínűsége annak, hogy egy adott vállalat egy adott időszakban változtat-e árat vagy sem. Ez a valószínűség minden vállalat és minden időszak esetén ugyanakkora, és ennek alapján dől el vállalatonként és időszakonként függetlenül, exogén módon, hogy nyílik-e lehetőség árváltoztatásra. Ha egy vállalat változtathat árat, akkor az optimális árat szabja, ha nem, akkor megtartja az előző időszakban érvényesített árat. Ez a mechanizmus is az árszínvonal merevségéhez vezet, aminek köszönhetően rövid távon mindenképp lehet hatása a gazdaságpolitikai beavatkozásoknak racionális várakozások jelenlétében is.

Az újklasszikusok elfogadták az újkeynesi közgazdászok nézeteit az ármerevségekről, ami megteremtette a két iskola közti kiegyezést, a sokak által új neoklasszikus szintézisnek nevezett irányzat alapját. Ennek lényege, hogy rövid távon az ármerevségek jelenléte miatt nem tökéletes az egyensúlyi alkalmazkodás, ezért van tere az állami beavatkozásnak, azonban hosszú távon az árak rugalmasak, ami a potenciális pálya környékén tartja a gazdaságot, tehát alapvetően a piacra kell bízni a gazdaság koordinációját. Az új neoklasszikus szintézis zászlóshajójának a dinamikus, sztochasztikus, általános egyensúlyi modellek (DSGE modellek) számítanak, amelyeket a gyakorlati elemzésekben is elterjedten használnak. Ezek alapját a Kydland és Prescott (1982) által megalapozott, újklasszikus elveken nyugvó reál üzleti ciklus modellek (RBC modellek) jelentik, amelyeket újkeynesi elemekkel, a monopolisztikus verseny Dixit-Stiglitz-féle modelljével (Dixit – Stiglitz, 1977) és ármerevségekkel, jellemzően Calvo-árazással egészítettek ki.² Később további frikciók bevezetésével gazdagították a modellt.

A Calvo-árazás kitüntetett jelentőségét tehát az adja, hogy ez vált az ármerevségek legelterjedtebb modellezési megoldásává a gyakorlatban is használt DSGE modellekben. (Smets – Wouters, 2003; Christiano et al., 2005; Galí, 2008) Ezekben a reprezentatív vállalat dinamikus optimalizálással határozza meg az ár és a termelés profitmaximalizáló értékeit. A döntés során számol vele, hogy a következő időszakokban nem biztos, hogy lehetősége lesz az optimális árat beállítani, ezért az árdöntést a jövőre várt infláció és határköltség figyelembe vételével hozza meg. Az eredményül kapott optimum-kritériumból levezethető az újkeynesi Phillips-görbe, amely szerint az adott időszaki infláció a jövőre várt infláció és az output gap pozitív függvénye. Az output gap együtthatóját többek közt a Calvo-paraméter is meghatározza. Minél merevebbek az árak (kisebb Calvo-paraméter), annál kisebb mértékben hat az output gap megváltozása az inflációra, annál laposabb a Phillips-görbe az output gap és az infláció koordináta-rendszerében. Ez azt jelenti, hogy merevebb árak esetén egy gazdaságpolitika által indukált keresleti sokk viszonylag kisebb mértékben csapódik le az inflációs ráta növekedésében és viszonylag nagyobb mértékben az aggregált kibocsátás növekedésében.

Mindez azt jelenti, hogy az ármerevség mértékének megváltozása két jelentős következménnyel jár egy DSGE modellben:

1. A Calvo-paraméter növekedésével (az árak rugalmasságának növekedésével) az ár-színvonal ingadozása nő.
2. A Calvo-paraméter növekedésével az aggregált kibocsátás ingadozása csökken.

² A monopolisztikus verseny bevezetésére azért volt szükség, mert a Calvo-árazásnak csak akkor van értelme, ha maguk a vállalatok határozzák meg a termékük árát, és nem a tökéletes verseny walrasi árverezője.

Tehát egy trade-off figyelhető meg az ár és a mennyiség ingadozása között az ármerevség mértékének függvényében. Mindeközben a hosszú távú egyensúlyi értékek és azok stabilitási tulajdonságai nem változnak, tehát egy egyszeri, átmeneti sokk után mindenképp a tökéletesen rugalmas árak mellett is érvényes steady state-be tér vissza a gazdaság az ármerevség mértékétől függetlenül.

2.2. A Calvo-árazás main stream felfogásának kritikája

Miután áttekintettük, hogyan vélekedik a main stream közgazdaságtan az ármerevségekről és következményeikről, felmerülhet bennünk a kétely, hogy vajon a DSGE modellek alapján levont következtetések nem csupán a main stream közgazdaságtan specifikus feltevései miatt álltak-e elő? Ha kicserélnénk a DSGE modellek heroikus feltételezéseit realisztikusabbakra, vajon akkor is olyan következményei lennének a Calvo-árazásnak, amilyeneket a 2.1. szakaszban ismertettünk? Ezekkel a kérdésekkel foglalkozunk ebben a szakaszban.

Mindenekelőtt érdemes szót ejtenünk azokról a kritikákról, amik egyrészt felvetik a kérdést, hogy van-e egyáltalán helye a Calvo-árazásnak a DSGE modellekben, másrészt az empirikus kutatások tükrében megkérdőjelezzik, hogy a Calvo-árazás képes-e megfelelően modellezni az ármerevségeket. De Grauwe (2010) szerint irracionális a Calvo-árazás jelenléte egy DSGE modellben, hiszen ha a gazdasági szereplők tökéletesen racionálisak, minden elérhető információ birtokában vannak, és racionális várakozásokat képeznek, akkor mi akadályozná meg őket abban, hogy az optimális árat szabják a terméküknek? Ha pedig valamilyen külső intézmény gátolja meg őket ebben, akkor irracionális fenntartani ezt az intézményt, hiszen csak a gazdasági szereplők hátrányára szolgál. Azt gondoljuk, hogy a mi 3. fejezetben bemutatott modellünkre ez a kritika nem vonatkozik, mert abban a gazdasági szereplők nem tökéletesen racionálisak és nem tökéletesen informáltak, ezért nincsenek is tisztában vele, hogy mi lenne a termékek optimális ára. Midrigan (2006) azt kifogásolja, hogy a Calvo-árazás nem tekinthető mikroökonómiailag megalapozottnak, hiszen nem a vállalatok döntenek el, hogy mikor változtassanak a termékük árán. Ezért az ármerevségek állapotfüggő modelljeihez való visszatérést javasolja, és bemutat egy menüköltségeket tartalmazó DSGE modellt, ami legalább olyan jól illeszkedik az empirikus adatokra, mint egy Calvo-árazást tartalmazó modell.

Empirikus oldalról Chari et al. (2009) megmutatják, hogy nem megalapozott az a DSGE modellekben elterjedt gyakorlat, hogy az árat nem változtató vállalatoknak is lehetővé teszik, hogy az előző periódus inflációjának megfelelő mértékben korrigálják a termékük árát azért, hogy a szimulált infláció az empirikusnak megfelelő perzisztenciát mutasson. A való-

ságban nincs ilyen indexálás, ezért a mi modellünk sem tartalmaz ilyet. Több empirikus kutatás is kimutatja, hogy a valóságban az árváltoztatások gyakoriságának eloszlása nem normális, hanem jobboldali aszimmetriát mutat. (Bils – Klenow, 2004; Nakamura – Steinsson, 2008) Felmerül a kérdés, hogy ilyen körülmények között van-e értelme egy átlagos árváltoztatási gyakoriság megadásának, ami minden vállalatra egyformán érvényes? Bils és Klenow (2004) megmutatják, hogy ha két, ármerevség szempontjából különböző szektort vezetünk be egy DSGE modellbe, akkor azok eltérően reagálnak a sokkokra, és az egyszektoros modell, amelyben egy átlagos árváltoztatási gyakoriság jellemzi az összes vállalatot, nem adja jól vissza a kétszektoros modell impulzus-válaszait. A szerzők azt is megmutatják, hogy a Calvo-modell perzisztensebb és kevésbé volatilis inflációt produkál, mint a valóság.

Bár a fenti kritikákat jogosnak tartjuk, ebben a dolgozatban nem célunk a Calvo-árazás létjogosultságának megkérdőjelezése. Tegyük fel, hogy elfogadjuk, hogy a Calvo-árazás képes visszaadni azt a tapasztalati tényt, hogy a vállalatok szakaszosan, szabálytalan időközönként változtatnak árat. Ehelyett inkább a Calvo-árazás következményeire koncentrálnak, és megmutatjuk, hogy az ármerevség mértékének változása Calvo-árazás esetén nem feltétlenül azokra a következtetésekre vezet az árszínvonal és az aggregált kibocsátás átlaga és ingadozása tekintetében, amik egy DSGE modellből következnek. Ennek belátáshoz induljunk ki abból, hogy mi teszi lehetővé egy DSGE modellben, hogy megmaradjunk a reprezentatív vállalat feltevésénél annak ellenére, hogy a vállalatok egy része változtat árat, míg a többi nem? Ez két feltevésnek köszönhetően válik lehetővé. (Galí, 2008)

1. A vállalatok homogének, ezért egy perióduson belül az összes árat változtató vállalat ugyanazt az optimális árat szabja.
2. Az árat nem változtató vállalatok árainak eloszlása megegyezik az előző periódus összes árának eloszlásával, ami szimmetrikus.

Az első feltevessel szemben kézenfekvő kritika, hogy amennyiben a vállalatok heterogének, ez a feltevés nem tartható. Azonban ha a vállalatok nem tökéletesen racionálisak és nem tökéletesen informáltak, tehát nem optimalizálnak, hanem például bizonyos hüvelykujj-szabályok alapján határozzák meg az érvényesíteni kívánt árat, akkor még homogén vállalatok esetén is eltérnek az egyes vállalatok által kívánatosnak tartott árak, hiszen a vállalatonként eltérő indulóárak miatt a cégek eltérő nagyságú kereslettel szembesülnek, és nem irreális feltenni, hogy az érzékelt túlkereslet alapján korrigálják a termékük árát. A második feltevés teljesülését pedig semmi sem garantálja, ha az érvényesíteni kívánt árak vállalatonként különböznek, ráadásul empirikusan sem megalapozott, ahogy azt már kifejtettük.

Mindez azt sugallja, hogy ha a DSGE modellek feltevéseit életszerűbbekre cseréljük, akkor a reprezentatív vállalat feltételezése sem tartható, tehát meg kell jeleníteni az összes vállalatot külön-külön a modellben, és ténylegesen szimulálni kell a Calvo-árazás folyamatát. Ezt a DSGE modellek nem teszik meg, homályban marad, hogy az egyes vállalatok pontosan mikor és milyen mértékben változtatnak árat. A reprezentatív vállalat optimalizációs eredményeinek makroszintre történő általánosítása után a Calvo-paraméter egyetlen funkciója az marad, hogy meghatározza a Phillips-görbe meredekségét. A modell logikájának ilyen mértékű megváltoztatása joggal veti fel a gyanút, hogy valószínűleg annak következtetései is megváltoznak.

Érdemes végiggondolni azt is, hogy mi áll a DSGE modellek azon következtetése mögött, hogy trade-off figyelhető meg az ár és a mennyiség ingadozása között az ármerevség függvényében. Alapvetően a termékpiaci egyensúly feltevése van a háttérben. Bár a DSGE modellekben nem a walrasi árverező határozza meg a termékek árát, a vállalatok ismerik a termékükkel szemben megnyilvánuló keresleti függvényt, és optimalizálnak, ezért úgy határozzák meg az árat, hogy az amellettnyilvánuló keresett mennyiség esetén a profit maximális legyen. A termelés pedig értelemszerűen a keresett mennyiséggel fog megegyezni minden időszakban az egyensúlyi feltevés alapján. Tehát a keresleti függvény ismerete miatt akkor is fenn fog állni a keresett- és a kínált mennyiség egyezősége, ha a vállalat nem változtat árat az adott időszakban. Például egy pozitív keresleti sokk esetén a vállalat vagy az ár újraoptimalizálásával reagál, vagy ha ezt nem teheti meg, akkor növelni fogja a termelést, hiszen a pozitív keresleti sokk miatt adott ár mellett nagyobb a keresett mennyiség, a kínált mennyiség pedig szükségszerűen ehhez igazodik. Tehát nagyobb ármerevség esetén a sokkok inkább a mennyiség, mint az ár ingadozásában csapódnak le.

Hogyha viszont kivesszük a modellből a keresleti függvény ismeretének és a piaci egyensúlynak a feltevését, akkor azzal találjuk szemben magunkat, hogy a keresett- és a kínált mennyiség egymástól függetlenül határozódik meg. Ilyenkor egy pozitív keresleti sokk esetén egyáltalán nem biztos, hogy az árat nem változtató vállalat növelni fogja a termelését, hiszen az nem a keresett mennyiséghez igazodik automatikusan. Természetesen valószínű, hogy ilyenkor is történik valamilyen mennyiségi alkalmazkodás, de nem triviális módon, hanem csak közvetetten, bizonyos áttételeken keresztül. Ez pedig azt jelenti, hogy semmi sem garantálja, hogy az ármerevség mértékének növekedése szükségszerűen az ár ingadozásának csökkenésével és a mennyiség ingadozásának növekedésével jár együtt.

Végül azt kell hangsúlyoznunk, hogy egy DSGE modellben a Calvo-árazás nem okoz valódi versenyhátrányt a vállalatok számára. Igaz, hogy az árat megtartó vállalatok átmeneti-

leg hátrányba kerülnek a versenytársaikkal szemben, mert nem tudnak profitmaximalizáló árat megszabni, de pontosan tudják, hogy ez nem fog örökké tartani, és amint lehetőséget kapnak az árváltoztatásra, azonnal az optimális árat határozzák meg megszüntetve a hátrányt. Az árváltoztató vállalatok előnye pedig szintén csak átmeneti, amivel minden vállalat tisztában van, ezért az átmenetileg fennálló hátrányos helyzetek nem készítetik arra a vállalatokat, hogy változtassanak a viselkedésükön.

Hogyha viszont nem ismerik a vállalatok a keresleti függvényt, és nem optimalizálnak, tehát az ár és a termelés meghatározása között nincs közvetlen kapcsolat, akkor egyáltalán nem biztos, hogy az ármerevség következtében beálló versenyhátrány nem változtat a vállalatok viselkedésén. Tegyük fel, hogy a vállalat a korábbi időszak profitabilitása alapján dönt a kínálatáról oly módon, hogy nyereség esetén növeli a kínált mennyiséget, veszteség esetén csökkenti. Ha ilyenkor egy vállalat megragad túl magas árszinten, akkor elveszti a vevőit, ha pedig túl alacsony árszinten ragad meg, akkor a kereslet kielégítéséhez szükséges mennyiséget csak túl magas költségszinten tudja előállítani. Mindkét eshetőség veszteséges működést idézhet elő, ami a kínálat visszafogására készíti a vállalatot. Tehát a DSGE modellekkel elmentésben nem állíthatjuk azt, hogy a Calvo-árazás által előidézett átmeneti versenyhátrány ne befolyásolná a vállalatok viselkedését. Ez pedig valószínűleg a modell következtetéseit is megváltoztatja.

A fent leírtak mind azt sejtetik, hogy egy, a DSGE modelleknél életszerűbb feltevésen nyugvó modellben eltérő hatásai lehetnek a Calvo-árazásnak. Ahhoz, hogy egy ilyen modellt létre tudjunk hozni, ki kell lépni a main stream modellezési technikák köréből, és egy ágensalapú modellt kell megalkotnunk. Ez lehetővé teszi, hogy külön modellezzünk minden vállalatot, amelyek nem tökéletesen informáltak, nem tökéletesen racionálisak, és nem-egyensúlyi tranzakciókban is részt vesznek. A 2.3. *szakaszban* bemutatjuk az ágensalapú modellezés módszertanát, a 3. *fejezetben* bevezetjük egy ágensalapú piaci modell keretei közé a Calvo-árazást, és a 4. *fejezet* szimulációival bemutatjuk, hogy a main stream feltevésektől való eltérések miként vezetnek a Calvo-árazás hatásainak megváltozásához.

2.3. Az ágensalapú modellezés sajátosságai

A 2.1. *szakaszban* kifejtettük, hogy miként alakult ki egy konszenzus a main stream közgazdaságtan különböző iskolái közt a 2000-es évekre, amely a DSGE modellekben teljesedett ki. Azonban alighogy létrejött az új neoklasszikus szintézis, a 2008-ban megkezdődő gazdasági válság azonnal megkérdőjelezte annak számos eredményét. Mind a külföldi, mind a

hazai közgazdászok közül többen is éles kritikákkal illették a DSGE modelleket. (Krugman, 2009; Mellár, 2010; Jakab, 2012) A kritikák elsősorban nem is arra vonatkoztak, hogy a DSGE modellek nem jelezték előre a válságot, hanem arra, hogy nem tudnak megfelelő magyarázatot adni annak kialakulására, ebből következően megalapozott megoldási javaslattal sem tudnak szolgálni a gazdaságpolitika számára. Világi (2012) kritikája szerint a DSGE modellek sem mikro-, sem makroszinten nem felelnek meg számos empirikus megfigyelésnek, és írása végén már kitér arra, hogy az ágensalapú modellek jelenthetnek egy lehetséges kiutat a makroökonómia válságából. A hivatkozott tanulmányok szerint a DSGE modellek alkalmatlanságát a gazdaságpolitikai elemzésekre elsősorban a következő valószerűtlen feltevések okozzák:

1. *Reprezentatív gazdasági szereplők:* Minden vállalatot egy reprezentatív vállalat, és minden háztartást egy reprezentatív háztartás képvisel a modellben. Ezen szereplők mikroszintű viselkedésének általánosítása adja meg a gazdaság makroszintű jellemzőit. Az egyedi gazdasági szereplők közti kapcsolatokat és interakciókat figyelmen kívül hagyjuk.³
2. *Homogén gazdasági szereplők:* A reprezentatív szereplők használata a modellben egyúttal azt is jelenti, hogy a szereplők minden szempontból egyformák.⁴
3. *Tökéletes informáltság:* A gazdasági szereplők minden lehetséges információ birtokában vannak, amit a gazdaságról tudni lehet. Ezért a jövőre vonatkozó várakozásaik is racionálisak, hiszen ismerik a gazdaság mögött meghúzódó modell struktúráját.
4. *Tökéletes racionalitás:* Az összes rendelkezésre álló információ alapján a gazdasági szereplők optimális döntéseket hoznak, amelyek maximalizálják a hasznosságukat, illetve a profitjukat.
5. *Piaci egyensúly:* Minden időszakban minden piacon megegyezik a keresett- és a kínált mennyiség. Ennek következtében nem fordulhatnak elő koordinációs hibák a gazdaságban, tehát válságok csak külső sokkok hatására alakulhatnak ki.

Ezek a feltevések a közgazdaságtan fejlődésének korábbi szakaszaiban hasznosak voltak, mert matematikailag kezelhetővé tették a modelleket. Azonban ma már a számítástechnika fejlettsége lehetővé teszi a feloldásukat, hiszen nem vagyunk rákényszerülve arra, hogy

³ Többszektoros DSGE modellekben fel lehet osztani a háztartásokat és a vállalatokat egymástól különböző szektorokra, azonban a szektorokon belül ilyenkor is megmarad a reprezentativitás.

⁴ Természetesen fel lehet úgy is fogni a reprezentatív szereplőket, hogy valójában nem homogének az általuk képviselt háztartások és vállalatok, de minden paraméterértékük normális eloszlást követ, ezért jól képviseltethetők reprezentatív szereplőkkel. Azonban a gazdasági szereplők heterogenitásának és a köztük végbemenő, kifinomult interakcióknak a modellezését ilyenkor sem teszi lehetővé a reprezentatív szereplők használata, és a hangsúly ezen van.

matematikailag oldjunk meg modelleket. Ha erre nincs mód, rendelkezésünkre áll a számítógépes szimuláció, mint vizsgálati eszköz. Ezt használja ki egy viszonylag új modellezési módszer, az ágensalapú modellezés.

Az ágensalapú közgazdaságtan a komplex, evolúciós rendszerekként felfogott gazdaságok szimulációs vizsgálata. (Fagiolo – Roventini, 2012) Ahogy az elnevezés is mutatja, az ágensalapú modellek a rendszert az alkotóelemei, az ágensek szintjén ragadják meg. A legáltalánosabb definíció szerint egy ágens adatok és viselkedési módszerek összessége, amely egy szimulált világ alkotórészét képezi. (Tesfatsion, 2006) Közgazdasági modellekben akár egy piaci mechanizmust is modellezhetünk ágensként, de legtöbbször természetesen maguk a gazdasági szereplők az ágensek, amelyek a piaci mechanizmusokkal ellentétben autonóm ágenseknek számítanak. Egy autonóm ágens egy rendszer eleme, ami érzékeli a környezetét, és reagál rá a saját elképzeléseinek megfelelően, hogy befolyásolja a saját és környezete jövőben érzékelt állapotát. (Tesfatsion, 2006) Ha ágensalapon modellezünk egy gazdaságot, akkor közvetlenül csak az ágensek viselkedését és a köztük végbemenő interakciókat modellezzük, a makroszintű jelenségek ebből alakulnak ki ún. emergens jelenségekként. Az emergens jelenségek az ágensek szintjén nem megfigyelhető, de az ő interakcióiból kialakuló, makroszinten már megfigyelhető jelenségek, amelyek visszacsatolnak az ágensek mikroszintű viselkedésébe. (Tesfatsion, 2006)

Leijonhufvud (2006) szerint az ágensalapú modellek jelentik az egyetlen lehetséges eszközt, amellyel úgy tudjuk modellezni a gazdaságot, ahogy azt a klasszikus és korai neoklasszikus közgazdászok, valamint Keynes és Hayek elképzelték. Szerinte a közgazdászok félreértették a korai neoklasszikusok azon megállapítását, hogy a háztartások motivációja a hasznosság-, a vállalatoké pedig a profit maximalizálása. A mai main stream közgazdászok ugyanis azt feltételezik, hogy a gazdasági szereplők ténylegesen haszonmaximalizáló módon viselkednek, míg a korai neoklasszikusok szerint a haszonmaximalizálás csak cél, ami felé a gazdasági szereplők törekednek (például a céljukkal konzisztens hüvelykujj-szabályok követése révén), de nem tudják azonnal elérni. Ez nem jelenti azt, hogy a gazdasági szereplők ne lennének racionálisak, csak azt, hogy korlátozottan racionálisak. Hiszen továbbra is haszonmaximalizálásra törekednek, de a korlátozott informáltságuk és kognitív képességeik miatt ezt nem képesek tökéletesen elérni. A main stream modellek másik fő problémája, hogy az emberfeletti képességekkel felruházott reprezentatív szereplők és a piaci egyensúly feltevése önmagában elvégzi a keresleti- és kínálati döntések koordinációját, nincs is szükség a piacra. Ezáltal nem kapunk választ sem a hayeki kérdésre, hogy miként képes a piac a decentralizált információkat hasznosítva egy többé-kevésbé stabil kimenet irányába koordinálni a keresleti-

és kínálati döntéseket, sem a keynesi kérdésre, hogy miként jöhetnek létre válságok a piaci koordináció hibáiból fakadóan. Leijonhufvud (2006) szerint csak ágensalapú modellek révén érthetjük meg a termelői- és fogyasztói döntések piaci koordinációjának folyamatát.

Az ágensalapú modellek további előnye, hogy képesek lehetnek egy koherens gondolati rendszerbe integrálni a 2008-as válság nyomán megerősödő, alternatív irányzatokat (evolúciós közgazdaságtan, intézményi közgazdaságtan, viselkedési közgazdaságtan, hálózatalmélet, endogén növekedéstudomány, új gazdaságföldrajz, stb.), amelyek mind különböző nézőpontokból kritizálják a main streamet, ezért eddig nem tudtak összeállni az új neoklasszikus szintézissel egyenrangúan erős irányzattá. Fagiolo és Roventini (2012) az új neoklasszikus szintézis mintájára már egy formálódó heterodox szintézist emlegetnek az ágensalapú modellek kapcsán.

Bár az ágensalapú modellek közgazdasági alkalmazásai több mint tíz éves múltat tekintenek vissza, a 2008-as válság kirobbanása után indult igazán fejlődésnek az irányzat. Ekkor tömegesen kezdtek megjelenni olyan tanulmányok, amelyek a DSGE modellek gyenge pontjait kritizálják, és kifejtik, hogy az ágensalapú modellek miként nyújthatnak megoldást ezekre a problémákra. (Colander et al., 2008; Stiglitz – Gallegati, 2011; Dosi, 2012; Fagiolo – Roventini, 2012) Az alábbiakban összefoglaljuk, hogy ezek a tanulmányok szerint az ágensalapú modellek hogyan orvosolják a DSGE modellek fent vázolt, öt gyenge pontját. Sorolhatnánk még további előnyeiket is az ágensalapú modelleknek, itt csak azokra koncentrálunk, amelyek egyrészt a legfontosabbak, másrészt a 3. fejezetben bemutatott modellünkben is kulcsszerepet kapnak.

1. *Minden gazdasági szereplő közvetlen modellezése:* Az ágensalapú modellekben nincsenek reprezentatív gazdasági szereplők, minden háztartás és vállalat közvetlenül megjelenik a modellben. Ez lehetővé teszi a köztük megfigyelhető kapcsolatok és interakciók kifinomult modellezését. Tehát a gazdaságot csak mikroszinten modellezzük, a makroszintű jelenségek a mikroszintű szereplők viselkedéséből és kölcsönhatásaikból bontakoznak ki. (Ezek a már említett emergens jelenségek.)
2. *Heterogén gazdasági szereplők:* A gazdasági szereplők minden paraméterük szempontjából különbözőek lehetnek.
3. *Tökéletlen informáltság:* A gazdasági szereplők nincsenek minden információ birtokában, amit a gazdaságról tudni lehet, nincsenek tisztában a gazdaság mögött meghúzódó modell struktúrájával. (Ezért racionális várakozásokat sem tudnak képezni.) A tökéletlen informáltság megnyilvánulási formája lehet például, ha a vállalatok nem ismerik a termékük iránti keresleti függvényt, ha a háztartások nem ismerik az összes

vállalatot, akiktől vásárolhatnának, vagy ha a vállalatok nem ismerik az összes versenytársukat, amelyeknek a viselkedésére reagálhatnának.

4. *Korlátozott racionalitás*: A gazdasági szereplők racionálisak, mert haszonmaximumra törekednek, de nincsenek a kellő kognitív képességek birtokában ahhoz, hogy meg tudják határozni az optimális viselkedést. Tehát csak korlátozottan racionálisak: olyan, egyszerű hüvelykujj-szabályokat alkalmaznak a döntéshozatal során, amelyek összhangban állnak a haszonmaximalizáló motivációjukkal.
5. *Nem-egyensúlyi tranzakciók lehetősége*: Nem feltételezzük előre, hogy minden piac automatikusan megtisztul. A keresleti- és kínálati döntéseket egymástól függetlenül hozzák meg a gazdasági szereplők, és az árdöntések sem feltétlenül biztosítják az egyensúly létrejöttét. A tranzakciók ilyen, nem-egyensúlyi körülmények közt is végbemennek egy, a walrasi árverezőnél realisztikusabb piaci mechanizmusnak megfelelően. Ez azt jelenti, hogy még homogén termékek esetén sem feltétlenül érvényesül az egy ár törvénye, továbbá megjelenik a modellben a koordinációs hibák lehetősége, amik miatt endogén módon, külső sokkok nélkül is kialakulhatnak válságok a gazdaságban. Ki kell emelni, hogy attól, hogy nem feltételezzük előre az egyensúlyt, az még létrejöhet, de csak endogén módon. A szimulációk során dől el, hogy a gazdasági szereplők feltételezett viselkedése és a feltételezett piaci mechanizmus elvezetnek-e valamilyen egyensúlyba, és ha létezik egyensúly, akkor milyen stabilitási tulajdonságokkal rendelkezik.

A fenti alapelvek mentén a közgazdaságtan számos területén alkalmazzák az ágensalapú modelleket. Az első közgazdasági alkalmazások jellemzően specifikus piacokat és gazdasági jelenségeket modelleztek ágensalapon. Így születtek meg például a pénzügyi piacok (Arifovic, 2001; Westerhoff, 2010), a munkerőpiac (Fagiolo et al., 2004; Neugart, 2008) és az innováció (Fagiolo – Dosi, 2003; Heshmati – Lenz-Cesar, 2013) ágensalapú modelljei. A kifejezetten mikro- és makroökonómiai alkalmazások a válság kapcsán kezdtek nagy számban megjelenni. Egy jellegzetes kutatási irány olyan ágensalapú piaci modellek felépítése, amelyekben a walrasi árverezőt alternatív piaci mechanizmusokra cserélik ki, és azt vizsgálják, hogy ez mennyiben változtatja meg a piac működését. (Tesfatsion, 2006; Gaffeo et al., 2012; Hau és szerzőtársai, 2013) Ezek a tanulmányok rendszerint arra a következtetésre jutnak, hogy realisztikusabb piaci mechanizmusok esetén is van esély a walrasi egyensúly elérésére, de csak meglehetősen törékeny feltételek mellett. Jellemző kimenetel az, hogy a változók az egyensúlyi értékük körül ingadoznak, de a koordinációs hibák miatt nem tudnak stabilizálódni. (Sokan „folyósó-stabilitásnak” nevezik ezt a kimenetelt.)

A piaci modellek kapcsán kézenfekvően adódott a lehetőség több piac összekapcsolására, vagyis a teljes makrogazdaság ágensalapú modellezésére. (Chan – Steiglitz, 2008; Oeffner, 2008; Lengnick, 2013) A makromodellek közül különösen érdemes kiemelni két kutatást. Az egyik a Giovanni Dosi és csapata által folytatott projekt, amelynek első elemeként a fogyasztási javak piacát, a tőkejavak piacát és a munkapiacot tartalmazó modellt építettek fel, amely képes reprodukálni számos mikro- és makroszintű stilizált tényt, és endogén üzleti ciklusokat eredményez. (Dosi et al., 2008) Dosi et al. (2010) tanulmányukban tovább részletezik az innováció megjelenítését a modellben, és megmutatják, hogy a sikeres gazdaságpolitikához a kínálatoldali (schumpeteri) és keresletoldali (keynesi) politikák együttes alkalmazására van szükség, ráadásul mindkét típusú beavatkozásnak vannak rövid- és hosszú távú hatásai is. Dosi et al. (2013) munkájukban pedig a hitelpiacca és egy Minsky-féle hiteldinamikával bővítik a modellt, és megmutatják, hogy a jövedelmek bérek és profit közti megoszlásának kulcsszerepe van a gazdaságpolitika hatásossága szempontjából. Az ágensalapú makroökonómia másik nagy kutatása az EURACE projekt, amelynek résztvevői egy mindenre kiterjedő makromodellt hoztak létre az Európai Unió gazdaságára. (Deissenberg et al., 2008; Dawid et al., 2012) Ez egyelőre a legjelentősebb gyakorlati alkalmazása az ágensalapú modellezésnek, egyébként jelenleg még inkább elméleti orientáltságú modellek készülnek, hiszen a paraméterek nagy száma és a modellek komplexitása miatt egyelőre nehéz valós gazdaságokra kalibrálni őket.

A mi témánk szempontjából három modellt érdemes külön kiemelni. Az egyik Hau és szerzőtársai (2013) piaci modellje, amely a 3. *fejezetben* bemutatott modell alapjául szolgál. A szerzők egy homogén termék piacát modellezzik ágensalapon, kicserélik a walrasi árverezőt egy realisztikusabb, nem-egyensúlyi tranzakciókat is lehetővé tevő piaci mechanizmusra, és megvizsgálják, hogy milyen tulajdonságai vannak egy ilyen piacnak. Egy háztartás és egy vállalat esetén előfordulhat, hogy eljut a piac a walrasi egyensúlyba, de a szereplők számának növelése módosítja az egyensúly stabilitását. Azonban nem stabil egyensúly esetén is a változók az egyensúlyi értékek körüli viszonylag jól megragadható tartományban ingadoznak (folyosó-stabilitás). Az információáramlás javulása csökkenti ezeket az ingadozásokat. A szereplők heterogenitásának főként a vállalatok esetén van jelentősége: minél eltérőbbek a vállalatok, annál nagyobb az egyedi termelt mennyiségek szóródása. A szerzők vizsgálták a mennyiségi- és áralkalmazkodás arányában beálló változások hatásait is, és azt figyelték meg, hogy egy háztartás és egy vállalat esetén még érvényesül a main stream közgazdaságtan által feltételezett trade-off: az ármerevség csökkenésével az ár ingadozása nő, a mennyiség csökken. Több szereplő esetén viszont nem figyelhető meg érdemi összefüggés az ár és a mennyiség

ingadozása között az ármerevség mértékének változtatásával. Ugyanakkor a változók átlagát, egyensúlyi értékeit és azok stabilitását illetően nem tapasztaltak semmiféle hatást. Fontos, hogy a szerzők nem Calvo-árazással modellezték az ármerevséget, hanem oly módon növelték az árak rugalmasságát, hogy az áralkalmazkodás erősségét mérő paramétert növelték, míg a mennyiségi alkalmazkodás erősségét mérő paramétert csökkentették.⁵ Tehát valószínű, hogy a Calvo-árazás bevezetésével más eredményekre jutnánk.

A második megemlíthető munka Somogyi és Vincze (2011) ágensalapú piaci modellje, ami az ármerevségek vizsgálatára készült, azonban a szerzők nem a Calvo-féle módon ragadták meg a nem-tökéletes áralkalmazkodást, hanem egy alternatív módszert javasoltak. Modelljükben a vállalatok döntései által endogén módon dől el, hogy történik-e árváltoztatás egy adott időszakban, az ármerevség okaként pedig a stratégiai bizonytalanságot jelölik meg, amivel a vállalatok szembesülnek a döntéshozatal során. Nagyobb bizonytalanság esetén kisebb valószínűséggel változtatnak árat a vállalatok, mert nem tudják, mi lenne a helyes döntés. A modell képes reprodukálni számos ármerevségekkel kapcsolatos empirikus megfigyelést.

A harmadik kiemelő munka pedig Lengnick (2013) makromodellje, amely egy Calvo-árazást is tartalmazó ágensalapú modell. A szerző arra a következtetésre jut, hogy a Calvo-paraméter növelésével (az árak rugalmasabbá válásával) csökken a kielégítetlen kereslet (tehát az egyensúlytalanság) a piacon, mert egyre nagyobb teret kap az egyensúlyi áralkalmazkodás. A kielégítetlen kereslet csökkenése 0,25-os Calvo-paraméternél ugrásszerűen következik be, előtte és utána alig van rá hatással a Calvo-paraméter változtatása. Ennél bővebb elemzést nem végez a témában a szerző, csupán egy bekezdést szán a Calvo-árazás vizsgálatának, hiszen a modell nem kifejezetten erre a célra készült. Úgy gondoljuk, hogy egy specifikusan a Calvo-árazás hatásait vizsgáló munkában ennél szélesebb körű elemzésre is lehetőség nyílik, ezt fogjuk megtenni a dolgozat hátralévő részében.

⁵ Ezeknek a paramétereknek a szerepe a 3. fejezetben világosan kiderül.

3. A CALVO-ÁRAZÁS BEVEZETÉSE EGY ÁGENSALAPÚ PIACI MODELLBE

3.1. A háztartások és a vállalatok viselkedése

A vizsgálatok keretében a Hau és szerzőtársai (2013) által felépített ágensalapú piaci modell szolgál. A modell részletes bemutatása és viselkedésének elemzése különböző feltételek mellett megtalálható a hivatkozott tanulmányban, itt csak a számunkra legfontosabb elemeket és a bevezetett módosításokat ismertetjük. Jellemző a modellre minden tulajdonság és a main stream modellektől eltérő feltevés, amit a 2.3. szakaszban az ágensalapú modellek kapcsán ismertettünk.

Tegyük fel, hogy a piacon N vállalat van jelen, mindegyik ugyanazt a homogén terméket termeli, és a vállalatok száma rögzített, nincs lehetőség be- és kilépésre. Az N vállalattal M háztartás áll szemben a piac keresleti oldalán.

A j -edik vállalatot az alábbi átlagköltség-függvény jellemzi:

$$c_{j,t} = c_{1,j} + c_{2,j} \cdot s_{j,t}, \quad (1)$$

ahol $c_{j,t}$ a j -edik vállalat átlagköltsége a t -edik periódusban, $s_{j,t}$ a j -edik vállalat által kínált mennyiség a t -edik periódusban, $c_{1,j}$ és $c_{2,j}$ pedig az átlagköltség-függvény paraméterei, amelyek vállalatonként különbözhetnek. Feltételezzük, hogy $c_{1,j} > 0$ és $c_{2,j} > 0$, vagyis csökkenő hozadék érvényesül a termelésben, hiszen a kínált mennyiség növekedésével nem csak a teljes költség, hanem az átlagköltség is nő.

Az i -edik háztartás egy egyszerű, lineáris keresleti függvénnyel rendelkezik a piacon kínált termék iránt:

$$d_{i,t} = d_{1,i} - d_{2,i} \cdot p_{i,t}, \quad (2)$$

ahol $d_{i,t}$ az i -edik háztartás által keresett mennyiség a t -edik periódusban, $p_{i,t}$ az i -edik háztartás számára a t -edik periódus keresési folyamatában releváns ár, $d_{1,i}$ és $d_{2,i}$ pedig a keresleti függvény paraméterei, amelyek háztartásonként különbözhetnek. Feltesszük, hogy $d_{1,i} > 0$ és $d_{2,i} > 0$, vagyis a keresett mennyiség az ár negatív függvénye.

Az árat nem a walrasi árverező határozza meg, hanem maguk a vállalatok, ahogy a kínált mennyiséget is, ami nem feltétlenül azonos a keresett mennyiséggel, hiszen arról a háztartások döntenek. A vállalatok nem rendelkeznek elegendő információval és kellő racionalitással ahhoz, hogy profitmaximalizáló döntést tudjanak hozni, ezért egyszerű, heurisztikus szabályok alapján döntenek a kínálatról és az árról.

A j -edik vállalat a t -edik periódusbeli kínált mennyiségéről az alábbi szabály alapján dönt:

$$s_{j,t} = \left[1 + \alpha_j \frac{p_{j,t-1} - c_{j,t-1}(s_{j,t-1})}{c_{j,t-1}(s_{j,t-1})} \right] \cdot s_{j,t-1}, \quad (3)$$

ahol α_j a mennyiségi alkalmazkodás erősségét mérő paraméter, ami szintén különbözhet vállalatonként. A (3) egyenlet azt mondja ki, hogy a j -edik vállalat növeli a kínált mennyiséget, ha az előző periódusban nyereséges volt, vagyis az ár meghaladta az átlagköltséget. Veszteséges működés esetén – amikor az ár kisebb az átlagköltségnél – viszont érdemes kisebb termékmennyiséget kínálnia.

A kínált mennyiség ismeretében a j -edik vállalat termelése a t -edik periódusban a (4) egyenlet szerint alakul:

$$q_{j,t} = \max(0, s_{j,t} - I_{j,t-1}), \quad (4)$$

ahol $q_{j,t}$ a j -edik vállalat által termelt mennyiség a t -edik periódusban, $I_{j,t-1}$ pedig az előző időszakból megmaradt készletmennyiség. A (4) egyenlet értelmében a vállalat annyit termel, amennyi elegendő ahhoz, hogy az előző időszakból megmaradt készletmennyiséget a kínált mennyiség nagyságáig növelje. Ha a megmaradt készletei meghaladják a kínálni szándékozott mennyiséget, akkor a vizsgált periódusban nem termel, hanem hagyja, hogy a készletei leépüljenek.

A t -edik periódusra szabott árról az alábbi szabály alapján dönt a j -edik vállalat:

$$\bar{p}_{j,t} = \left[1 + \beta_j \frac{\min I_{j,t-1} - I_{j,t-1}}{s_{j,t-1}} \right] \cdot p_{j,t-1}, \quad (5)$$

ahol $\bar{p}_{j,t}$ a j -edik vállalat által a t -edik periódusra érvényesített ár *tökéletesen rugalmas árak esetén*, β_j az áralkalmazkodás erősségét mérő paraméter (ez szintén különbözhet vállalatonként), $I_{j,t}$ a j -edik vállalat készletszintje a t -edik periódus végén, $\min I_{j,t}$ pedig a j -edik vállalat által a t -edik periódusban tartani szándékolt biztonsági készletszint. Feltesszük, hogy a vállalatok minden periódusban a kínálatuk egy konstans hányadát szeretnék biztonsági készletként megtartani, vagyis $\min I_{j,t} = z s_{j,t}$, ahol z jelöli ezt a konstans hányadot. Az egyszerűség kedvéért feltesszük, hogy a készletek korlátlan ideig raktározhatók minőségromlás nélkül.

Az (5) egyenlet azt mondja ki, hogy ha a vállalatok árat változtatnak, akkor az előző periódusban érzékelt túlkereslet alapján döntenek az aktuális időszakban érvényesített árról. Azonban a vállalatok nem ismerik a termékük iránti keresleti függvényt, ezért kénytelenek azt „kitapogatni”, és a készleteik alakulásából következtetnek a túlkeresletre. Ha a készleteik a

biztonsági szint alá csökkennek, akkor ebből arra következtetnek, hogy nagyobb volt a kereslet a termékük iránt, mint a kínálat, ezért növelik az árat a kereslet visszafogása érdekében. Ha viszont a készletmennyiség a biztonsági szint felett maradt, akkor arra következtetnek, hogy nagyobb volt a kínálatuk, mint a termékük iránti kereslet, ezért csökkentik az árat, hogy több vevőt vonzzanak.

A 4.6.-4.7. szakaszokban meg fogunk vizsgálni egy olyan esetet, amikor a vállalatok egy további szempontot is figyelembe vesznek az árdöntésük során, nevezetesen azt, hogy az általuk ismert versenytársak milyen árat szabnak. Ekkor az (5) árdöntési szabály a következőképpen módosul:

$$\bar{p}_{j,t} = \left[1 + \beta_j \frac{\min I_{j,t-1} - I_{j,t-1}}{s_{j,t-1}} \right] \cdot \left[1 + \gamma_j \frac{P_{j,t-1} - p_{j,t-1}}{p_{j,t-1}} \right] \cdot p_{j,t-1}, \quad (5')$$

ahol $P_{j,t}$ a j -edik vállalat által ismert vállalatok árainak az egyszerű számtani átlaga a t -edik periódusban, γ_j pedig megmutatja, hogy a j -edik vállalat mekkora súllyal veszi figyelembe az árdöntés során a versenytársak árait. Az (5') árdöntési szabály mögött az a megfontolás húzódik meg, hogy a vállalatok nem elszigetelten hozzák meg az árdöntéseiket, hanem reagálnak a versenytársaik által szabott árakra is, hogy versenyben tudjanak maradni velük. Az (5') egyenlet értelmében a j -edik vállalat csökkenti a terméke árát, ha úgy érzékeli, hogy az drágább, mint a versenytársaié. Ha viszont úgy látja, hogy a versenytársaknál olcsóbban kínálja a termékét, akkor van tere árat emelni anélkül, hogy sok vevőt veszítene.

Hau és szerzőtársai (2013) eredeti modelljén ezen a ponton kell módosítanunk, ha be akarjuk vezetni a Calvo-árazást. Az (5) egyenlet értelmezésénél hangsúlyoztuk, hogy „ $\bar{p}_{j,t}$ a j -edik vállalat által a t -edik periódusra érvényesített ár *tökéletesen rugalmas árak esetén*”. Ha viszont a modellbe ármerevségeket építünk a Calvo-árazás logikája alapján, akkor ezt az árat nem érvényesítheti minden periódusban a vállalat, hanem csak akkor, amikor a „Calvo-féle sorsolás” alapján erre lehetőséget kap. Ez azt jelenti, hogy minden periódusban a vállalati döntések meghozatala előtt végbemegy minden vállalat esetén egy sorsolás, ami eldönti, hogy az adott vállalat változtathat-e árat az adott periódusban.

Legyen θ_j a Calvo-paraméter a j -edik vállalatra vonatkozóan, ami azt mutatja meg, hogy mekkora valószínűséggel kap lehetőséget a j -edik vállalat arra, hogy az adott periódusban árat változtasson. (Természetesen $0 \leq \theta_j \leq 1$.) Az, hogy a Calvo-paramétert vállalatonként adjuk meg, lehetőséget nyújt arra, hogy ármerevség szempontjából heterogén vállalatokat építsünk a modellbe. A DSGE modellek reprezentatív vállalata ezt a lehetőséget kizárja. Jelölje $\bar{\theta}_{j,t}$ a j -edik vállalat „Calvo-állapotát” a t -edik periódusban! A periódus elején ez min-

den vállalat esetében 0-val egyenlő, majd a Calvo-sorsolás során θ_j valószínűséggel átállítjuk 1-re. A Calvo-állapot 1-es értéke jelzi, hogy az adott vállalat változtathat árát az adott időszakban. Ilyenkor a j -edik vállalat által a t -edik periódusban ténylegesen érvényesített ár a következő lesz:

$$\begin{aligned} p_{j,t} &= \bar{p}_{j,t}, \text{ ha } \bar{\theta}_{j,t} = 1 \\ p_{j,t} &= p_{j,t-1}, \text{ ha } \bar{\theta}_{j,t} = 0. \end{aligned} \quad (6)$$

Tehát a (6) összefüggés kimondja, hogy a j -edik vállalat az (5) egyenletnek megfelelően⁶ változtat árát, ha erre lehetősége van, és megtartja az előző periódusban szabott árát, ha nincs lehetősége árát változtatni.

Felmerülhet a kérdés, hogy miért ilyen egyszerű a Calvo-árazás megjelenítése a modellben? Hiszen a DSGE modellekben a Calvo-árazás fontos hatása az, hogy a reprezentatív vállalat a dinamikus profitmaximalizáló döntése során számol azzal, hogy az elkövetkező időszakokban nem feltétlenül változtathat majd árát, és ez módosítja azt az optimális árát, amit a termékének egyébként meghatározott volna. Most azonban azért nem vesszük ezt figyelembe, mert feltevéseink szerint a vállalatok eleve nem elég racionálisak ahhoz, hogy profitmaximalizáló magatartást folytassanak, ezért azt sem lenne életszerű elvárni tőlük, hogy döntéseik során számoljanak azzal, hogy a jövőben esetleg majd nem változtathatnak árát.

Ezen kívül a DSGE modellekben jellemzően lehetővé teszik az árát nem újraoptimalizáló vállalatoknak, hogy vagy az előző periódus inflációs rátájának, vagy a hosszú távú egyensúlyi inflációs rátának megfelelő mértékben korrigálják a termékük árát.⁷ Ez azért szükséges, hogy a modell által szimulált infláció az empirikus adatoknak megfelelő perzisztenciát mutasson. Azonban Chari et al. (2009) megmutatják, hogy ez a feltevés nincs összhangban a mikroszintű empirikus megfigyelésekkel, amelyek azt mutatják, hogy két árváltoztatás között jellemzően teljesen változatlan a termékek ára, nem történik semmiféle indexálás semmilyen inflációs rátának megfelelően. Ezért ebben a modellben sem feltételezünk ilyesmit.

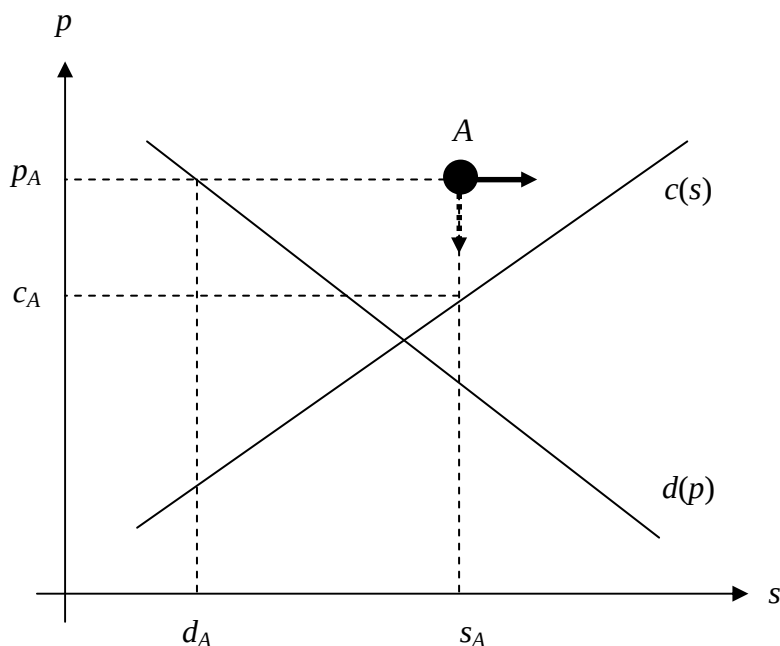
Miután a vállalatok meghozták a döntéseiket, a háztartások egy keresési folyamatba kezdenek a keresletük kielégítése érdekében. Minden háztartás végigmegy az általa ismert vállalatokon, és kiválasztja közülük azt, amelyik a legolcsóbb áron kínálja a termékét. A (2) keresleti függvénye alapján eldönti, hogy ezen az áron mennyit kíván vásárolni. Ha ez a mennyiség rendelkezésre áll a vállalatnál, vagy ha ugyan nem teljesen áll rendelkezésre, de

⁶ Amikor azt az esetet vizsgáljuk, amelyben a vállalatok figyelembe veszik az ismert versenytársaik által szabott árakat is az árdöntés során, akkor természetesen az (5') egyenletnek megfelelően módosítják a termékük árát.

⁷ A két eset bemutatása és következményeik összehasonlítása megtalálható Christiano et al. (2005) tanulmányában.

legalább részben ki tudja elégíteni a keresletét a háztartás, akkor kiszáll a keresési folyamatból. Ha a választott vállalatnak nincs semennyi készlete, akkor a háztartás folytatja a keresést a következő legolcsóbb vállalatnál. Mindez vagy addig folytatódik, míg nem talál olyan vállalatot, amelynél legalább valamennyi készlet rendelkezésre áll, és a vállalat által szabott ár mellett a háztartás kereslete pozitív, vagy addig, amíg végigjárta az összes ismert vállalatot, de egyiknél sem volt készlet, vagy addig, amíg végigjárta az összes ismert vállalatot, de mindegyik, még készlettel rendelkező vállalat olyan magas árat szabott, amely mellett a háztartás kereslete nulla. Tehát előfordulhat olyan eset, hogy a háztartás ki tudja elégíteni a teljes keresletét, de olyan is, hogy csak részben vagy egyáltalán nem képes erre. Utóbbi vagy azért fordulhat elő, mert egyik ismert vállalatnál sem maradt készlet, vagy azért, mert a legolcsóbb, még készlettel rendelkező, ismert vállalat is olyan magas árat szabott, amely mellett a háztartás kereslete nulla. Fontos, hogy a háztartások minden periódusban véletlenszerű sorrendben hajtják végre a keresési folyamatot, hiszen ha mindig ugyanaz lenne a sorrend, akkor mindig ugyanazok a háztartások maradnának a végre nagy valószínűséggel kielégítetlen kereslettel.

1. ábra: Alkalmazkodási mechanizmusok a modellben



Forrás: Hau és szerzőtársai (2013) alapján saját szerkesztés

Egyetlen vállalat és egyetlen háztartás esetén grafikusán is szemléltethetjük a (3) és (5) egyenletek által meghatározott alkalmazkodási folyamatokat, ez látható az 1. ábrán. Az ábra első látásra nagyon hasonlít egy Marshall-keresztre, de mégsem az. Bár a keresleti függvény itt is hasonlóan értelmezhető, a pozitív meredekségű egyenes nem kínálati függvény, hanem

átlagköltség-függvény. A két függvény metszéspontja ezúttal is kijelöli az egyensúlyi pontot, azonban az attól eltérő pontok értelmezése egészen más, mint a Marshall-kereszt esetében.

Tegyük fel, hogy az $A(s_A, p_A)$ pontban van a piac! Az ekkor érvényes p_A ár mellett a (2) keresleti függvény kijelöl egy d_A keresett mennyiséget a vízszintes tengelyen, ami kisebb, mint az s_A kínált mennyiség ($d_A < s_A$). A vállalat a készlet szint növekedése által érzékeli a túlkínálatot, ezért csökkenti az árat, hogy közelítse a keresett mennyiséget a kínálthoz. Az $A(s_A, p_A)$ pontban érvényes s_A kínált mennyiség mellett az (1) átlagköltség-függvény kijelöl egy c_A költségszintet a függőleges tengelyen, ami kisebb, mint a p_A ár ($p_A > c_A$). Ez azt jelenti, hogy az s_A kínálati szint nyereséges, tehát érdekében áll a vállalatnak növelni a kínált mennyiséget.

Az 1. ábra egy apró, de lényeges különbségtől eltekintve teljesen megegyezik a Hau és szerzőtársai (2013) által vázolttal. Ez a különbség pedig az, hogy az $A(s_A, p_A)$ pontból lefelé mutató nyíl szaggatott, ami arra utal, hogy az áralkalmazkodás nem feltétlenül történik meg, hanem csak akkor, ha a Calvo-sorsolásnak megfelelően a vállalat változtathat a terméke árán az adott periódusban. Fontos megjegyezni, mert a 4. fejezet szimulációs eredményeinek értelmezésénél lesz jelentősége, hogy a mennyiségi alkalmazkodás a Calvo-paraméter értékétől függetlenül ugyanúgy megy végbe. Ha változtathat árat, ha nem, a vállalat mindenképp a termelés profitabilitása alapján dönt a kínált mennyiség növeléséről vagy csökkentéséről, ráadásul a mennyiségi alkalmazkodás erősségét mérő α paraméter is ugyanaz mindkét esetben. Tehát függetlenül attól, hogy az $A(s_A, p_A)$ pontból kiindulva változtat-e a terméke árán a vállalat, a kínált mennyiség változtatásának nagysága és iránya mindenképp ugyanaz lesz. Természetesen a vállalat profitja szempontjából már nem mindegy, hogy változtatott-e árat vagy sem, így a következő periódus kínálati döntésére már közvetetten kihat, hogy történik-e árváltoztatás a vizsgált periódusban.

3.2. Statisztikák, a szimuláció menete, piaci egyensúly és stabilitás

Miután megtörténtek a piaci tranzakciók, már csak egy technikai jellegű teendő maradt hátra. Statisztikai mutatókat kell számolnunk, amelyek a piac egészének működését jellemzik aggregált szinten. Fontos, hogy egy ágensalapú modellben az aggregált változók értékeit nem a main stream modellekben megszokott módon kapjuk meg, vagyis a reprezentatív gazdasági szereplők megfelelő változóinak a szereplők számával történő megszorzásával. Ehelyett statisztikai módszerek alapján számítjuk ki azokat az egyedi gazdasági szereplőket jellemző változók megfelelő értékeinek felhasználásával.

Miután minden fontos elemét ismertettük a modellnek, összefoglaljuk a szimulációk menetét, hiszen az ágensalapú modellekben kulcsszerepet játszik, hogy egy perióduson belül miként alakul a döntések időbeli lefolyása. Ez az esetünkben a következőképpen zajlik.

1. Megtörténik a Calvo-sorsolás, ami eldönti, hogy mely vállalatok változtathatnak árat az adott periódusban, és melyek nem.
2. A vállalatok meghozzák a kínálati döntést a (3) egyenlet alapján, valamint az árdöntést az (5) és (6) egyenletek alapján.⁸
3. Lezajlik a háztartások keresési folyamata.
4. Kiszámítjuk az aggregált változók és a további statisztikai mutatók értékeit.

Hau és szerzőtársai (2013) megmutatják, hogy egyetlen vállalat és egyetlen háztartás esetén a modell egyensúlyának meghatározása és az egyensúlyi helyzet stabilitásvizsgálata analitikusan is elvégezhető. Ahogy a 4.3. fejezetben megmutatjuk, a Calvo-árazás bevezetése a modellbe nem változtatja meg a piaci egyensúlyt és annak stabilitási tulajdonságait, ezért a Hau és szerzőtársai (2013) által bemutatott analitikus stabilitásvizsgálat eredményei továbbra is érvényesek. Ez azt jelenti, hogy a Marshall-Walras-féle piaci modellel ellentétben ebben az ágensalapú modellben a piaci egyensúly stabilitása egyáltalán nem triviális még egy vállalat és egy háztartás esetén sem. Az összes lehetséges stabilitási tulajdonság elképzelhető a paraméterértékek függvényében, köztük a stabil piaci egyensúly is.

⁸ Amikor azt az esetet vizsgáljuk, amelyben az ismert versenytársak árait is figyelembe vesszük a vállalatok az árdöntés során, akkor azt az (5') és (6) egyenletek alapján hozzák meg.

4. SZIMULÁCIÓS ELEMZÉSEK A CALVO-ÁRAZÁS HATÁSAINAK VIZSGÁLATÁRA

4.1. A szimulációk főbb jellemzői

Ebben a fejezetben arra használjuk a 3. fejezetben bemutatott ágensalapú piaci modellt, hogy szimulációkat futtassunk vele, amelyek lehetőséget adnak a Calvo-árazás hatásainak vizsgálatára. A szimulációs elemzéseket a lehető legegyszerűbb feltételezések között kezdjük végezni, majd fokozatosan lazítunk a megszorító feltételeken, és egyre komplexebb körülmények között vizsgáljuk a Calvo-árazás hatásait. A szimulációk eredményeit regressziós modellekkel elemezzük.

Az 1. táblázat tartalmazza a szimulációk során használt paraméterértékeket, amelyeket Hau és szerzőtársai (2013) tanulmányából vettünk át. A szerzők úgy választották meg a paraméterek értékeit, hogy egy vállalat és egy háztartás esetén a piaci egyensúly stabil legyen. Egyedül a szimulációs idő hosszát növeltük meg 250 periódusról 300 periódusra, hogy a Calvo-árazás következtében esetlegesen megnövekvő időtartamú indulóalkalmazkodás ne torzítsa az eredményeket.

1. táblázat: A szimulációk során használt paraméterértékek

Paraméter	Jelölés	Érték
Vállalatok száma	N	10
Háztartások száma	M	100
Keresleti függvény	$D_t(P_t)$	$D_t(P_t) = 4 - 0,1 \cdot P_t$
Átlagköltség-függvény	$C_t(S_t)$	$C_t(S_t) = 5 + 2 \cdot S_t$
Árjelzés hatása a mennyiségre	α	0,5
Mennyiségi jelzés hatása az árra	β	0,5
Versenytársak árainak hatása az árra	γ	0
Biztonsági készlet szint (a kínálat arányában)	z	0,1
Calvo-paraméter	θ	0,5
Szimulációs idő	T	300

Forrás: Hau és szerzőtársai (2013) alapján saját szerkesztés

Minden szimuláció során az 1. táblázat paraméterértékei érvényesek, ha ettől eltérünk, azt külön jelezzük. A Calvo-paraméter 0,5-es értékének egyedül a 4.5. szakaszban lesz jelen-

tósége, amikor ármerevség szempontjából heterogén vállalatokat feltételezünk. Egyébként minden szimulációs vizsgálatnak az lesz a lényege, hogy a Calvo-paraméter értékét változtatjuk a 0,1 és 1 közötti tartományban.

A keresleti- és az átlagköltség-függvény kapcsán meg kell említenünk, hogy a paraméterek az *aggregált* keresleti- és az *aggregált* átlagköltség-függvényekre vonatkoznak. Ennek oka az – ahogy azt Hau és szerzőtársai (2013) megmutatják –, hogy amennyiben az egyéni keresleti- és átlagköltség-függvények paraméterértékeit tekintjük adottnak, és növeljük a szereplők számát, akkor pusztán emiatt megváltozhatnak a piaci egyensúly stabilitási tulajdonságai. Ugyanis a szereplők számának növekedésével az aggregált függvények meredeksége megváltozik, és ez hatással van a piaci egyensúly stabilitására. Hau és szerzőtársai (2013) azt is megmutatják, hogy ha úgy választjuk meg az egyéni keresleti- és átlagköltség-függvények paramétereit, hogy az aggregált függvények változatlanok maradjanak, akkor a háztartások számának növekedése már nem befolyásolja a piaci egyensúly stabilitását, a vállalatok számának növekedése viszont igen, mert a vevőkért folytatott folyamatos verseny már két vállalat esetén sem teszi lehetővé egy stabil egyensúlyi ár és mennyiség meghatározását. Azonban a stabilitási tulajdonságoknak az aggregálás nehézségei következtében fellépő megváltozását ilyenkor is kiszűrhetjük, ha az egyéni függvények helyett az aggregált függvények paraméterértékeit rögzítjük, és az egyéni függvények paraméterezését ehhez igazítjuk. Ez lehetővé teszi, hogy kizárólag a Calvo-paraméter változtatásának hatásaira koncentrálhassunk, ezért a fejezet folyamán végig az aggregált keresleti- és átlagköltség-függvény paraméterértékeit tekintjük rögzítettnek.

A gazdasági szereplőket alapesetben homogénnek tekintjük, de a heterogenitás oly módon megjelenhet a modellben – és a 4.5. szakaszban meg is jelenik –, hogy megadunk egy σ_θ heterogenitási paramétert, ami 0 és 1 közötti értéket vehet fel, és azt mutatja meg, hogy az egyedi vállalatok Calvo-paraméterei hány százalékos szóródási tartományban helyezkednek el az 1. táblázatban megadott középpértékhez képest. Ebből a tartományból véletlenszerűen adjuk meg az egyedi vállalatok paraméterértékeit egy egyenletes eloszlás alapján. A többi paraméter esetén is van lehetőség a heterogenitás figyelembe vételére ugyanezen a módon, azonban az egyszerűség kedvéért ettől eltekintünk, mert a heterogenitás bekapcsolása nem módosított az ebben a fejezetben ismertetett szimulációs eredményeken.⁹

⁹ Természetesen egyébként van hatása a piaci kimenetelre a gazdasági szereplők heterogenitásának, azonban annak elemzését Hau és szerzőtársai (2013) már elvégezték, a Calvo-paraméter változtatásának hatásai pedig függetlenek attól, hogy heterogének-e a gazdasági szereplők.

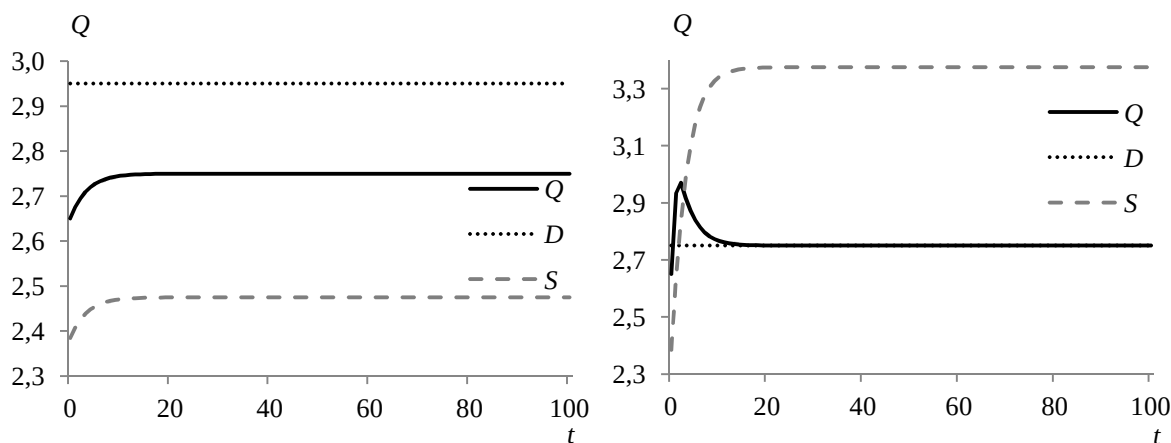
A szimulációkat Matlab segítségével végeztük el. A fejezetben közölt ábrák közül azok, amelyek az aggregált kibocsátás és a piaci árszínvonal időbeli alakulását szemléltetik, egy-egy kiragadott futtatás alapján készültek. Az általánosabb eredményeket bemutató ábrákat a következő elven rajzoltuk meg. A vizsgálat alapjául szolgáló paramétert 0-tól kezdve növeltük 1-ig 0,1-es lépésközökkel. Kivételt képez ez alól a Calvo-paraméter, amit csak 0,1-től növeltünk 1-ig. A 4.2. szakaszban kifejtjük, hogy a tökéletes ármerevség esetét kifejező, nullás Calvo-paramétert azért hagytuk figyelmen kívül a vizsgálatok során, mert amellett az egyensúlyi alkalmazkodás teljesen ellehetetlenül, ami egészen más jellegű piaci működést eredményez, mint a Calvo-paraméter pozitív értékei. Minden egyes érték esetén 20 független futtatást végeztünk, hogy kiszűrjük a véletlenszerű hatásokat. A 20 futtatás eredményeinek kiszámítottuk az egyszerű számtani átlagát, ezek kerültek az ábrákra. Míg a keresztmetszeti adatokból számított statisztikákat minden periódus végén kiszámoltuk, a szimulált idősorok egészét jellemző statisztikai mutatókat az első 100 periódus adatait figyelmen kívül hagyva számítottuk ki, hogy az indulóhatások biztosan ne befolyásolják a kapott eredményeket. Mivel a szimulációk 300 periódus hosszúak, ez azt jelenti, hogy a statisztikai mutatók értékeit 200 periódus adatai alapján határoztuk meg. A szimulációkat mindig rögzített kezdőértékekről indítottuk ($P_0 = 10,5$ és $Q_0 = 2,65$), azonban ennek sok jelentősége nincs, hiszen a statisztikai mutatókat úgy számítottuk ki, hogy az indulóhatások ne torzítsák az értékeiket.

A Calvo-árazás hatásainak vizsgálatára regressziós elemzéseket is végeztünk, hogy az ábrák mellett számszerűen is igazolni tudjuk a megfigyelt hatásokat. Az elemzésekhez szükséges adatsorokat a Monte Carlo szimulációkhoz hasonló módszerrel generáltuk. Először véletlenszerűen kiválasztottuk a vizsgálatok alapjául szolgáló paraméterek értékeit a (0; 1) nyitott intervallumból egy egyenletes eloszlás alapján. Kivételt képez ez alól a Calvo-paraméter, amelynek értékeit a (0,1; 1) nyitott intervallumból származtattuk, mivel 0,1 alatti Calvo-paraméter esetén olyan lassú az egyensúlyi alkalmazkodás, hogy 100 periódus kevés ahhoz, hogy a piac indulóhatástól mentes viselkedését figyelhessük meg. Ezután futtattunk egy szimulációt, amelynek végén a 101-300. periódusok adatai alapján kiszámítottuk a szükséges statisztikákat. Majd újra paraméterértékeket választottunk véletlenszerűen, és mindezt 200-szor megismételtük, amiből következően az elemzéseket 200 elemű minták alapján tudtuk elvégezni. A regressziós becsléseket Gretl segítségével hajtottuk végre.

4.2. A tökéletes ármerevség esete

Ebben a szakaszban a tökéletes ármerevség ($\theta = 0$, soha egy vállalat sem változtathat árat) szélsőséges esetét elemezzük. Egyrészt önmagában érdekes, hogy miként működik a piac, ha kikapcsoljuk az áralkalmazkodást, másrészt fontos bemutatnunk, hogy a további szimulációk során miért hagyjuk figyelmen kívül ezt az eshetőséget. Feltételezzük, hogy csupán egyetlen háztartás és egyetlen vállalat van a piacon ($M = 1$ és $N = 1$), mert – ahogy azt a 4.3. szakaszban megmutatjuk – ilyenkor az 1. táblázat paraméterértékei mellett akármekkora, nullától különböző Calvo-paraméter esetén beáll a piaci egyensúly, tehát könnyen össze lehet vetni, hogy olyankor miért van, tökéletes ármerevség esetén pedig – megelőlegezve a szakasz tanulságát – miért nincs egyensúlyi alkalmazkodás.

2. ábra: A keresett-, a kínált- és a termelt mennyiség alakulása tökéletes ármerevség esetén



Forrás: Saját szerkesztés

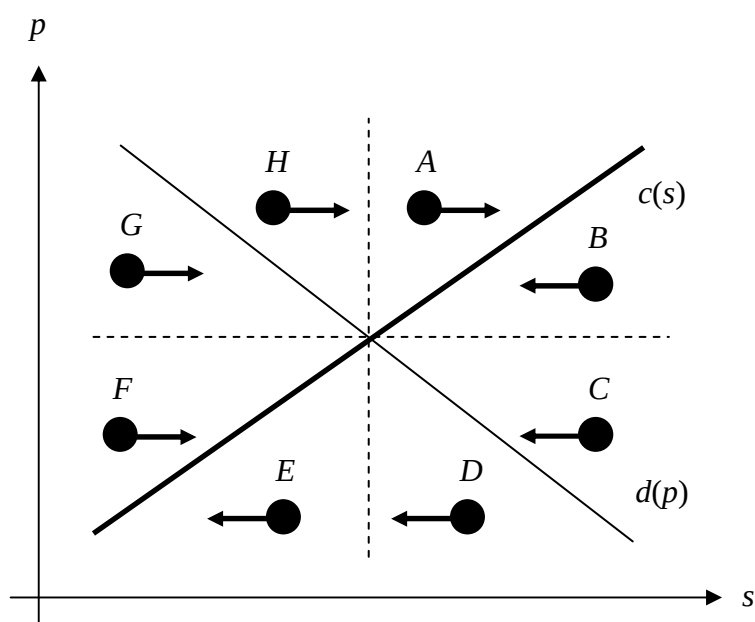
A 2. ábra két független szimuláció eredményeit szemlélteti. Mindkét ábrán a folytonos vonal a termelés (Q) alakulását, a szaggatott vonal a kínált- (S), a pontozott vonal pedig a keresett mennyiség (D) alakulását mutatja. Az ár alakulását nem ábrázoljuk, mert az a tökéletes ármerevség miatt az indulóértékkel egyezik meg minden periódusban. Fontos, hogy a kínált mennyiség alatt az ún. korrigált kínálatot értjük, ami figyelembe veszi, hogy a teljes kínálatának – ami a (4) egyenlet alapján az előző időszakból megmaradt készletek és az adott időszaki termelés összege – egy részét meg szeretné tartani biztonsági készletként a vállalat, és csak a maradékot szeretné értékesíteni. Ez azt jelenti, hogy piaci egyensúly akkor állhat be, ha a keresett mennyiség megegyezik a biztonsági készlettel csökkentett kínált mennyiséggel (vagyis az értékesítésre szánt mennyiséggel), amire a továbbiakban korrigált kínálatként fogunk hivatkozni. Hogyha a piac egyensúlytalanságáról szeretnénk képet kapni, akkor a korrigált kíná-

latot kell összevetnünk a kereslettel. Ezért ha a továbbiakban a piaci egyensúlytalanságot vizsgáljuk – ahogy most is ezt fogjuk tenni –, akkor kínálat alatt mindig a korrigált kínálatot fogjuk érteni, egyébként viszont a „hagyományos” értelemben vett kínálatot.

A 2. ábra két része között a különbség az, hogy a bal oldali részen az egyensúly alatti kezdőértékekről indítottuk a szimulációt ($P_0 = 10,5$, $Q_0 = 2,65$), míg a jobb oldali részen egyensúly feletti indulóárról és egyensúly alatti indulómennyiségről kezdtünk. ($P_0 = 12,5$, $Q_0 = 2,65$).

Látható, hogy a keresett mennyiség időben állandó mindkét indulóérték esetén, hiszen ha az ár változatlan, akkor a háztartás minden periódusban ugyanakkora mennyiséget akar vásárolni a vállalattól. A termelt- és a kínált mennyiségben mindkét indulóérték esetén megfigyelhető egy alkalmazkodási folyamat, és mindkét indulóérték esetén beáll egy idő után valamiféle állandósult állapot. Ezt az állapotot azonban nem nevezhetjük egyensúlynak. Az alacsony indulóértékek esetén ez egyértelmű, hiszen a termelés és a kínálat is a keresett mennyiségnél alacsonyabb szinten áll be, tehát folyamatos túlkereslet van a piacon. A magas indulóár esetén ugyan a keresett- és a termelt mennyiség vonatkozásában beáll az egyenlőség, a keresett- és a kínált mennyiség vonatkozásában nem, ezért ez sem tekinthető piaci egyensúlynak. Hogy mi ennek az oka, azt a 3. ábra szemlélteti.

3. ábra: Alkalmazkodási mechanizmusok tökéletes ármerevség esetén



Forrás: Saját szerkesztés

Akármelyik pontból indulunk az (s, p) koordináta-rendszerben, csak vízszintes irányú elmozdulás, azaz csak mennyiségi alkalmazkodás történik, hiszen áralkalmazkodásra nincs mód. A (3) egyenletből kiolvasható, hogy amennyiben az (1) átlagköltség-függvény feletti pontokból indulunk, akkor a vállalat növeli a kínált mennyiséget, hiszen az ár nagyobb az átlagköltségnél, tehát az adott kínálati szint nyereséges. Ha viszont az átlagköltség-függvény alatti pontokból indulunk, akkor csökkenti a vállalat a kínált mennyiséget, mivel az átlagköltség alatti ár veszteséges kínálati szintet jelez. Amikor megérkezünk az átlagköltség-függvényre, a vállalat nem módosít tovább a kínált mennyiségen, mert az átlagköltség éppen a rögzített ár szintjére áll be. Ez azt jelenti, hogy az átlagköltség-függvény összes pontja az alkalmazkodási folyamat nyugvópontjául szolgálhat, ezért is vastagítottuk meg a 3. ábrán. Egyúttal ez az oka annak, hogy a 2. ábrán bemutatott két szimulációban az egyensúlytól eltérő állapotok állandósultak. Az egyensúlyi pontba csak abban az esetben juthat el a piac, ha a rögzített ár éppen az egyensúlyi árral egyezik meg. Érdeemes megemlíteni, hogy a C és a G pontokból indulva ugyan eljut a piac a keresleti függvényre, vagyis egy olyan pontra, ahol a keresett- és a kínált mennyiség egyensúlyba kerül, mégsem áll meg itt az alkalmazkodás. Egyrészt azért nem, mert a vállalat nem ismeri a keresleti függvényt, tehát nem tudja, hogy az adott periódusban éppen kielégíti a teljes keresletet. Másrészt, ha ismerné is a keresleti függvényt, akkor is érdekében állna változtatni a kínált mennyiségen, hiszen az ár és az átlagköltség egyenlősége még nem állt be.

A leírtak rávilágítanak arra, hogy az árjelzések kikapcsolása miért lehetetleníti el, hogy a termelői és a fogyasztói döntések egy egyensúlyi helyzet felé koordinálják a piacot. A rögzített ár miatt a keresett mennyiség állandó, vagyis a fogyasztói döntések időben változatlanok. Ez lehetetlenné teszi, hogy a vállalat „kitapogassa” a keresleti függvényt, nem tud reagálni a fogyasztói döntésre, így nem marad más választása, mint hogy addig bővítse a kínált mennyiséget, amíg nyereséget tud elérni, vagy addig csökkentse, amíg megszűnik a vesztesége.

Az egyensúlyi alkalmazkodás ellehetetlenülése az oka annak, hogy a továbbiakban figyelmen kívül hagyjuk a tökéletes ármerevség esetét, és mindig a 0,1-es érték lesz a Calvo-paraméter legkisebb értéke, amit vizsgálni fogunk. Ha csak egy kis teret is adunk az áralkalmazkodásnak, akkor az egyensúlyi konvergencia már végbe tud menni, ahogy azt a 4.3. szakaszban megmutatjuk. Ez azt jelenti, hogy a Calvo-paraméter 0 értéke esetén teljesen más-hogy viselkedik a piac, mint bármely más érték esetén, tehát annak figyelembe vétele torzítaná az eredményeket.

Végül visszatérhetünk a 2. *ábra* magyarázatához. Az *ábra* bal oldali részén, az egyensúly alatti indulóértékeknél a 3. *ábra* F pontjához hasonló szituációból indul a piac. Az ár meghaladja az átlagköltséget, ezért a vállalat növeli a kínált mennyiséget. Mivel a rögzített áron a kereslet nagyobb a kínálatnál, a háztartás minden periódusban felvásárolja a vállalat összes készletét, tehát a kínált- és a termelt mennyiség megegyezik. A 2. *ábrán* látható korrigált kínálat viszont kisebb a termelésnél, hiszen annak egy részét meg szeretné tartani a vállalat biztonsági készletként. Azonban ezt nem teheti meg, mert a háztartás mindig felvásárolja a biztonsági készletet is. Amikor a termelés bővítése következtében az átlagköltség felkúszik az ár szintjére, a vállalat nem növeli tovább a kínált mennyiséget, ami így tartósan rögzül a keresett mennyiségnél alacsonyabb szinten.

A 2. *ábra* jobb oldali részén az ár indulóértéke egyensúly feletti, a mennyiségé egyensúly alatti. Ez a kezdő szituáció a 3. *ábra* G pontjához hasonló helyzetnek felel meg. A G pontból indulva a mennyiségi alkalmazkodás folyamatának át kell haladnia a keresleti függvényen, és láthatjuk is a 2. *ábra* jobb oldali részén, hogy a kínált mennyiség görbéje valóban áthalad a keresett mennyiség egyenesén, de nem áll meg ott, hanem tovább nő egészen addig, míg meg nem érkezünk az átlagköltség-függvényre. Az ekkor beálló állandósult állapotban a piacot tartós túlkínálat jellemzi. A termelés azért növekszik az első periódusokban, mert bár az ár egyensúly feletti, az egyensúly alatti indulómennyiség miatt így is felvásárolja a háztartás a vállalat készleteit, ezért a tervezett kínált mennyiség biztosításához a termelés növelése szükséges. Miután meghaladja a kínált mennyiség a keresettét, a vállalatnál elkezdenek felhalmozódni a készletek, ezért a kínált mennyiség kisebb termelés mellett is biztosítható. Amikor a termelt mennyiség beáll a keresett mennyiség szintjére, a kínált mennyiség éppen biztosítható a készletekből és a termelésből.

4.3. Egy vállalat és egy háztartás esete

A különböző fokú ármerevségek hatásainak vizsgálatát a lehető legegyszerűbb esettel kezdjük: csupán egy háztartás és egy vállalat van a piacon ($M = 1$ és $N = 1$), ami megfeleltethető a reprezentatív gazdasági szereplők esetének, hiszen ilyenkor az egyéni keresleti- és átlagköltség-függvények egyúttal az aggregált megfelelőik is. Egyébként az 1. *táblázat* paraméterértékei érvényesek. A 2.2. *szakaszban* kifejtett gondolatmenet alapján az alábbi hipotéziseket fogalmazzuk meg a vizsgálatainkhoz.

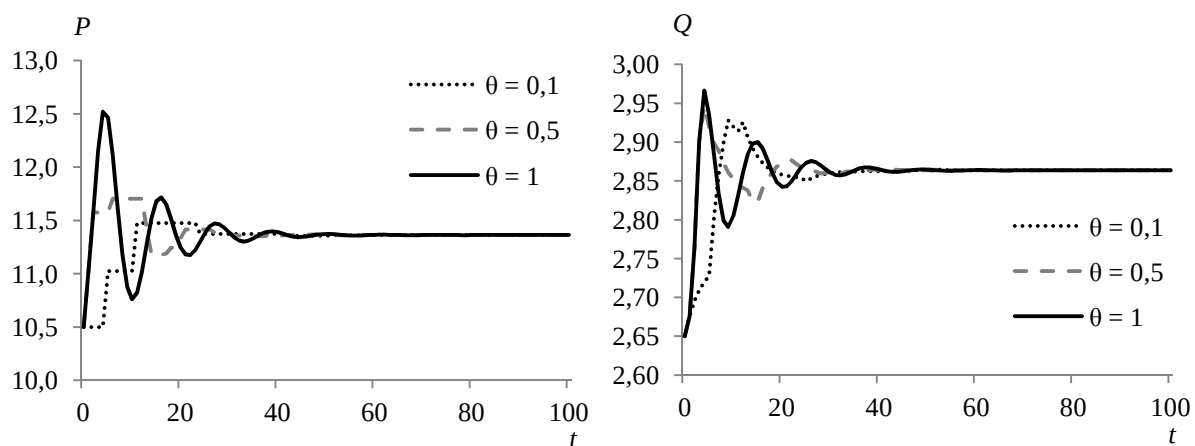
- 1. *hipotézis*: A Calvo-paraméter változtatása a változók egyensúlyi értékére és azok stabilitására nincs hatással.

- 2. *hipotézis*: A Calvo-paraméter nem befolyásolja az ár és a termelés átlagos értékét.
- 3. *hipotézis*: Nincsen trade-off az ár és a mennyiség ingadozása között a Calvo-paraméter függvényében.
- 4. *hipotézis*: Nincsen trade-off az ár és a mennyiség ingadozásainak perzisztenciái között a Calvo-paraméter függvényében.

Bár a 2.2. szakaszban azt valószínűsítettük, hogy a Calvo-féle szakaszos ármeghatározás miatt versenyhátrányba kerülő, árat nem változtató vállalatok veszteséges működése az össztermelés átlagos értékére is hatással lehet, az 1-2. *hipotézisek* mégis a DSGE modellek megszokott következtetéseivel állnak összhangban, mivel ebben a szakaszban azt feltételezzük, hogy csupán egyetlen vállalat van a piacon, amely így értelemszerűen nem kerülhet versenyhátrányba. A 3-4. *hipotéziseket* viszont már a 2.2. szakaszban leírtakkal összhangban foglalmaztuk meg, és alapvetően a piaci egyensúly feltevésének hiánya, a keresett- és a kínált mennyiség egymástól független meghatározódása áll mögöttük.

A 4. ábra szemlélteti az ár és a termelés alakulását a Calvo-paraméter néhány kiragadott értéke mellett. (Indulóértékek: $P_0 = 10,5$ és $Q_0 = 2,65$.)

4. ábra: Az ár és a termelés alakulása 1-1 szereplő és különböző fokú ármerevségek esetén



Forrás: Saját szerkesztés

Azonnal láthatjuk a 4. ábrán, hogy a Calvo-paraméter nincs hatással az ár és a mennyiség egyensúlyi értékeire, és a piaci egyensúly a Calvo-paraméter értékétől függetlenül stabil. Ebből következik, hogy az ár és a mennyiség átlagára sem lehet hatással a Calvo-paraméter, tehát az 1-2. *hipotéziseket* elfogadjuk, ezekből a szempontokból nem tapasztalunk eltérést a main stream közgazdaságtan következtetéseire képest. Azt is érdemes megjegyezni, hogy az ármerevség mértéke nem befolyásolja számottevően az egyensúlyi konvergencia

sebességét. Ez arra vezethető vissza, hogy bár kevésbé rugalmas árak esetén ritkábban változtat árat a vállalat, de amikor változtat, akkor azt nagymértékben teszi, mert az előző árváltoztatás óta annyira megváltoztak a piacon a keresleti-kínálati viszonyok, ezáltal a vállalat készletei, hogy az a nagymértékű árváltoztatást indokoltá teszi. Ennek következtében az egyensúlyi alkalmazkodás nem lassul le lényegesen.¹⁰

A 3-4. *hipotézisek* értékelése már nehezekebb. A 4. *ábra* alapján úgy tűnik, hogy az ár ingadozása a Calvo-paraméter növekedésével nő, a mennyiség ingadozását illetően viszont már nehezebb következtetéseket levonni, ráadásul az ár ingadozását sem tanácsos egy-két kiragadott futtatás alapján megítélnünk, ezért összetettebb vizsgálatokra van szükség. Nehezíti az elemzést, hogy a piaci egyensúly stabil, ezért annak beállta után a változók szórása nulla. Ha pedig az első periódusokat vennénk alapul az ingadozások megítéléséhez, akkor szembe kéne néznünk az indulóalkalmazkodás torzító hatásaival. Ennek kiküszöbölése érdekében kizárólag ebben a szakaszban keresleti sokkokat adunk a modellhez, ami exogén ingadozásokat eredményez a szimulált idősorokban, ezáltal vizsgálhatóvá válik, hogy az ármerevség mértéke hogyan erősíti fel, vagy gyengíti le a sokkok által előidézett ingadozásokat. Tehát a (2) keresleti függvény ebben a szakaszban a következő alakot ölti:

$$d_t = d_1 - d_2 \cdot p_t + \varepsilon_t, \quad (2')$$

ahol ε_t a keresleti sokkot reprezentáló véletlen változó, amely normálist eloszlást követ 0 várható értékkel és konstans σ_ε szórással. Feltesszük, hogy $\sigma_\varepsilon = 0,1$. Az i alsóindexeket azért hagytuk el, mert csak egy háztartás van a piacon.

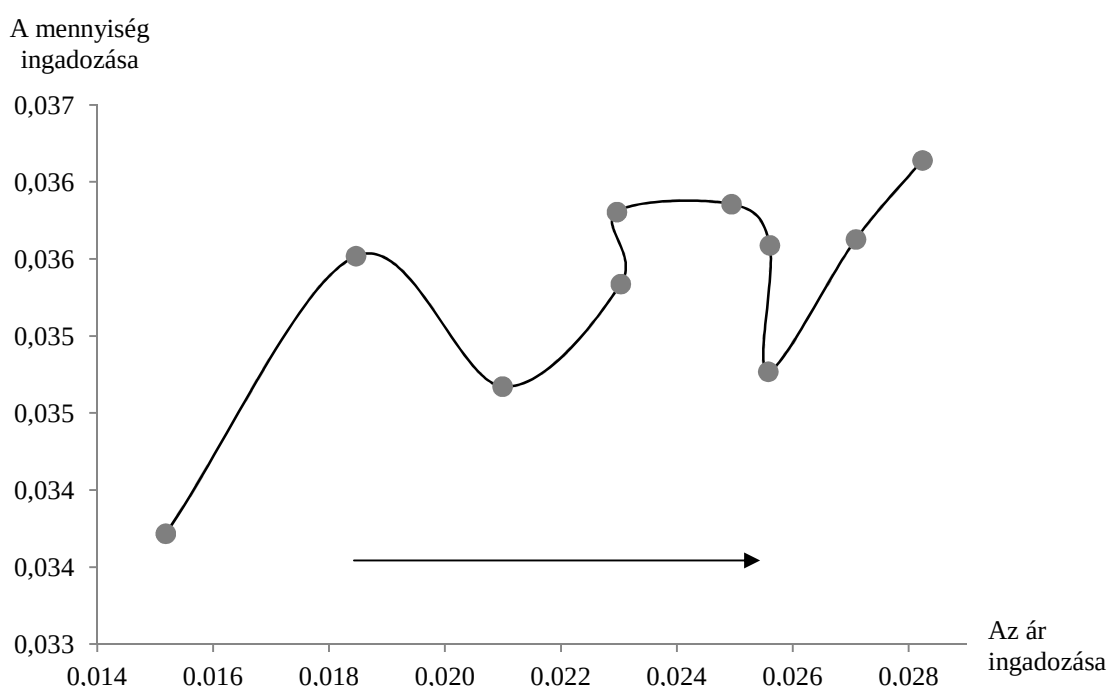
Most már elkészíthető a 4.1. *szakaszban* ismertetett módszer alapján az 5. *ábra*, amely az ár és a mennyiség ingadozását szemlélteti a Calvo-paraméter különböző (0,1-től 1-ig 0,1-es lépésközökkel futtatott) értékei mellett. A változók ingadozását a relatív szórásukkal mérjük. A görbe alatti nyíl jelzi az 5. *ábrán* a 0,1-es Calvo-paramétertől az 1-es Calvo-paraméterig történő haladás irányát.

Azt láthatjuk az 5. *ábrán*, hogy a Calvo-paraméter növekedésével az ár ingadozása egyértelműen növekvő tendenciát mutat. Ez összhangban áll a DSGE modellek következtetéseivel, hiszen rugalmasabb árak esetén nagyobb lehetősége van arra a vállalatnak, hogy az ár változtatásával reagáljon a keresleti sokkokra. Az viszont ellentmond a main stream következtetéseknek, hogy a Calvo-paraméter és a termelt mennyiség ingadozása közt nem rajzolódik ki egyértelmű kapcsolat. Ez a mi 3. *hipotézisünket* támasztja alá: nincsen trade-off az ár és a

¹⁰ A Calvo-paraméter 0,1 alatti értékeinél már érzékelhető számottevő lassulás az egyensúlyi konvergenciában, azonban az ilyen alacsony paraméterértékeket éppen emiatt figyelmen kívül hagyjuk.

mennyiség ingadozása közt az ármerevség függvényében. Ennek az oka az, hogy nincs közvetlen kapcsolat a vállalat árdöntése és kínálati döntése között, valamint a keresett- és a kínált mennyiségről is egymástól függetlenül dönt a háztartás és a vállalat, ezért egy pozitív keresleti sokk nem vonja maga után törvényszerűen a kínált- és a termelt mennyiség növekedését. A vállalat mindenképpen az előző időszak profitabilitása alapján dönt a kínált mennyiségről függetlenül attól, hogy változtat-e árat az adott periódusban, vagy sem. Tehát semmiből sem következik, hogy a mennyiség ingadozásának csökkennie kéne a Calvo-paraméter növekedésével.

5. ábra: Az ár és a termelés ingadozása 1-1 szereplő és különböző fokú ármerevségek esetén



Forrás: Saját szerkesztés

Hozzá kell tenni, hogy az ár nagyobb rugalmassága mellett tapasztalható nagyobb ár-ingadozás valószínűleg megjelenik a nyereség ingadozásában is, ami elvileg eredményezhetné a mennyiség nagyobb volatilitását, és egy pozitív kapcsolatot az ár és a termelés ingadozása közt. Azonban a keresleti sokkok miatt nincs egyértelmű összefüggés a kínált- és a termelt mennyiség között. Előfordulhat például az, hogy a vállalat a kínált mennyiség csökkentése mellett dönt, de az előző időszakban egy akkora pozitív keresleti sokk érte a piacot, ami nagymértékben leépítette a vállalat készleteit. Ilyenkor lehet, hogy a kívánt kínált mennyiség biztosításához a termelés növelésére van szükség annak ellenére, hogy még ezzel együtt is csökken a kínált mennyiség az előző időszakhoz képest.

A 4. hipotézis megítéléséhez és a 4-5. ábrák alapján levont következtetések számszerű igazolásához regressziós elemzéseket is végeztünk 200 futtatás adatai alapján, a 4.1. szakaszban ismertetett módszerekkel.¹¹ A 2. táblázat tartalmazza a regressziós becslések eredményeit, amelyeket klasszikus legkisebb négyzetek módszerével készítettünk el. A becslt regressziós együtthatók mellett egy csillaggal jelöltük azokat, amelyek 10 százalékos-, két csillaggal azokat, amelyek 5 százalékos-, három csillaggal pedig azokat, amelyek 1 százalékos szinten szignifikánsan különböznek nullától.

2. táblázat: Regressziós becslések eredményei az ármerevség fokának változtatására
1 háztartás és 1 vállalat esetén

	Az ár	A mennyi- ség	Az ár	A mennyi- ség	Az ár	A mennyi- ség
	átlaga		ingadozása		idősorára illesztett AR(1) folyamat együtt- hatója	
Konstans	11,3694***	2,8624***	0,0168***	0,0352***	0,9026***	0,0390***
θ	-0,0040	0,0024	0,0117***	0,0002	-0,2031***	0,0600***
R^2	0,0016	0,0117	0,4830	0,0009	0,7393	0,0474

Forrás: Saját szerkesztés

Sem az ár, sem a mennyiség átlagára felírt regresszió-függvényekben nem különbözik szignifikánsan nullától a Calvo-paraméter együtthatója, ami megerősíti a 4. ábra alapján levont következtetéseinket: az ármerevség mértéke nem befolyásolja sem az ár, sem a mennyiség egyensúlyi értékét és azok stabilitását, ezáltal az átlagukat sem. Ahogy az 5. ábra alapján sejthettük, a Calvo-paraméter növekedésével szignifikánsan nő az ár ingadozása, a mennyiségé viszont nem változik.

Végül a 2. táblázat utolsó két oszlopa alapján megvizsgálhatjuk a 4. hipotézist, amely azt fogalmazza meg, hogy nincsen trade-off az ár és a mennyiség ingadozásainak perzisztenciái között az ármerevség függvényében. Az ingadozások perzisztenciáján azt értjük, hogy mennyire tartósak az átlagtól való eltérések, mennyire határozza meg a változó előző időszaki értéke az aktuális értéket. Ezt legegyszerűbben úgy vizsgálhatjuk, ha a kérdéses változó idősorára illesztünk egy elsőrendű autoregresszív folyamatot, és megnézzük, milyen

¹¹ A regressziós elemzések megértéséhez szükséges ökonometriai ismeretek megtalálhatók például Ramanathan (2003) könyvében.

hatással van a becsült együtthatójára a Calvo-paraméter. Az ár idősorára illesztett AR(1) folyamat együtthatóját eredményváltozóként tartalmazó regresszió alapján kijelenthetjük, hogy az ár nagyobb rugalmassága esetén az ár ingadozásainak perzisztenciája csökken. Ez összhangban áll az ár relatív szórására kapott eredménnyel: magasabb Calvo-paraméter esetén a hektikusabb áringadozások kisebb perzisztenciát eredményeznek. Érdekes összehasonlítani az R^2 -eket is: az áringadozások perzisztenciáját lényegesen nagyobb magyarázóerővel képes megmagyarázni a Calvo-paraméter, mint az ár relatív szórását.

A mennyiség idősorára illesztett AR(1) folyamat együtthatóját eredményváltozóként tartalmazó regresszió alapján először elvetnénk a 4. *hipotézist*, hiszen itt a Calvo-paraméter együtthatója ellentétes előjelű, mint az áringadozások perzisztenciáját vizsgáló regresszió-függvényben, ráadásul 1 százalékos szinten is szignifikánsan különbözik nullától. Azonban a modell magyarázóereje csupán 4,74%, tehát nincs szoros kapcsolat a Calvo-paraméter és a mennyiség ingadozásainak perzisztenciája között, ami már összhangban áll a mennyiség relatív szórására kapott regressziós eredményekkel. Ennek alapján mégis elfogadjuk a 4. *hipotézist*: valóban nincsen trade-off az ár és a mennyiség ingadozásainak perzisztenciái közt az ármerevség függvényében.

Itt szögezzük le, hogy a továbbiakban ismét a keresleti sokkok nélküli (2) egyenlet határozza meg a háztartások keresleti függvényét.

4.4. A többszereplős eset

A 4.3. szakasz feltevéseit annyiban módosítjuk, hogy most már nem csak 1-1 szereplő van a piacon, hanem 10 vállalat és 100 háztartás, tehát minden szempontból az 1. táblázat paraméterértékei vannak érvényben. A gazdasági szereplők homogének. Futtattunk szimulációkat a gazdasági szereplők heterogenitásának különböző fokai mellett is, de csupán azt tapasztaltuk, hogy a homogén szereplők mellett kapott eredményeink kombinálódtak a Hau és szerzőtársai (2013) által a heterogenitás változtatása esetén kapott eredményekkel, a ceteris paribus hatások nem változtak. A 2.2. szakasz gondolatmenetét alapul véve a következő hipotéziseket fogalmazzuk meg.

- 1. *hipotézis*: A Calvo-paraméter változtatása a változók egyensúlyi értékére és azok stabilitására nincs hatással.
- 2. *hipotézis*: A Calvo-paraméter nem befolyásolja az átlagos árszínvonalat.
- 3. *hipotézis*: A Calvo-paraméter növekedésével az átlagos piaci össztermelés nő.

- 4. *hipotézis*: Nincsen trade-off az ár és a mennyiség ingadozása között a Calvo-paraméter függvényében.
- 5. *hipotézis*: Nincsen trade-off az ár és a mennyiség ingadozásainak perzisztenciái között a Calvo-paraméter függvényében.
- 6. *hipotézis*: A Calvo-paraméter növekedésével az egyedi vállalati árak és termelt mennyiségek szóródása csökken.

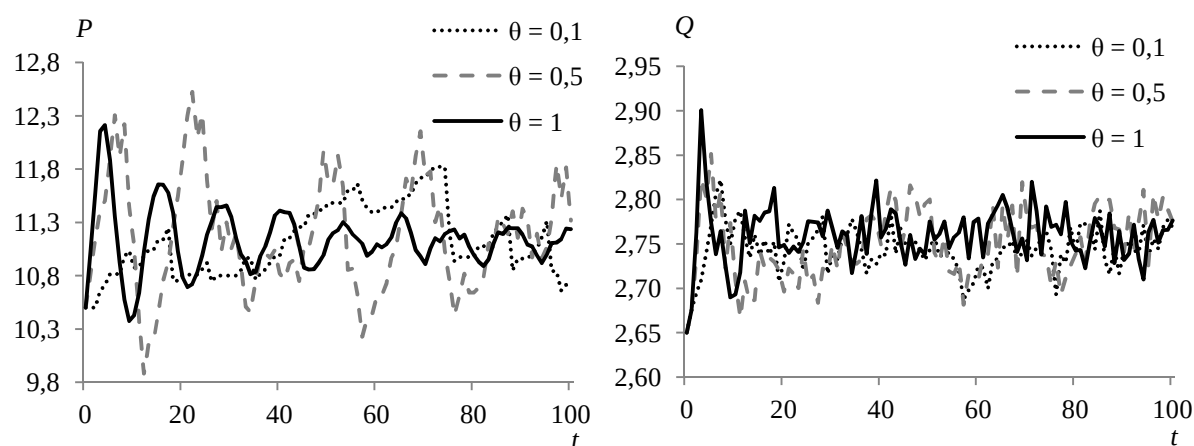
A fő különbség a 4.3. szakaszhoz képest az, hogy most már több vállalat van a piacon, amelyek versenyeznek egymással. A versenyszituáció módosítja a vállalatok viselkedését ahhoz képest, amikor csak egyedül vannak a piacon. Ez elsősorban a 3. *hipotézisben* jelenik meg, amelyben a 4.3. szakasszal ellentétben azt fogalmaztuk meg, hogy a Calvo-paraméter befolyásolja az átlagos aggregált kibocsátást, még hozzá pozitívan. Ezt azért gondoljuk így, mert minden időszakban az árat nem változtató vállalatok versenyhátrányba kerülnek azokkal a versenytársaikkal szemben, amelyek reagálhatnak az ár változtatásával a kereslet alakulására. A versenyhátrány valószínűleg veszteséges működést eredményez, ami a kínált mennyiség visszafogására készíti a vállalatokat, hiszen a kisebb kínált mennyiség alacsonyabb költség-szintet eredményez, ami biztosítja őket az esetleges veszteségekkel szemben. Ugyanakkor azt gondoljuk, hogy az egyensúlyi aggregált kibocsátás ilyenkor is ugyanaz lenne, mint Calvo-árazás nélkül, tehát az átlagos össztermelés visszaesése a nagyobb fokú ármerevség mellett az átlagos piaci egyensúlytalanság növekedésével jár együtt. Ez indokolja azt, hogy az 1. *hipotézis* összhangban áll a DSGE modellek következtetéseivel.

Az átlagos árszínvonal esetében nem valószínűsítünk az átlagos aggregált kibocsátás változásához hasonló hatást, ez áll annak a hátterében, hogy a 2. *hipotézis* is egybevág a DSGE modellek következtetéseivel. A 4-5. *hipotéziseket* a 4.3. szakaszból hoztuk át, a 6. *hipotézisnek* azonban ott még nem lett volna értelme. Utóbbi mögött az a sejtésünk áll, hogy ha sok vállalat változtat árat, akkor azok feltehetőleg viszonylag hasonlóan reagálnak a fennálló piaci körülményekre, ha viszont kevesen változtatnak árat, akkor ezek nagy valószínűséggel mindig más vállalatok lesznek, amelyek ezért igen eltérő reakciókat fognak adni. Mindez azt jelenti, hogy az árak nagyobb rugalmassága esetén az egyedi vállalati árak és termelt mennyiségek szóródásának csökkenniük kell.

A 6. *ábra* szemlélteti, hogy miként alakul az árszínvonal és az aggregált kibocsátás a Calvo-paraméter néhány kiragadott értéke mellett. (Indulóértékek: $P_0 = 10,5$ és $Q_0 = 2,65$.) Elsőre feltűnhet, hogy a piaci egyensúly most már nem stabil, azonban ez nem meglepő, hiszen Hau és szerzőtársai (2013) megmutatták, hogy a vállalatok közti verseny már két vállalat

esetén sem teszi lehetővé stabil egyensúly kialakulását. Tehát az 1. hipotézis azon kijelentése, hogy a Calvo-paraméter nem befolyásolja a piaci egyensúly stabilitási tulajdonságait, most is elfogadható. Fontos, hogy a változók ingadozásai most teljesen endogének, nincs semmiféle exogén keresleti sokk, ami előidézné őket, hanem a vállalatok közti versenyből és a piaci koordináció hibáiból fakadnak.

6. ábra: Az árszínvonal és az össztermelés alakulása
10 vállalat, 100 háztartás és különböző fokú ármerevségek esetén



Forrás: Saját szerkesztés

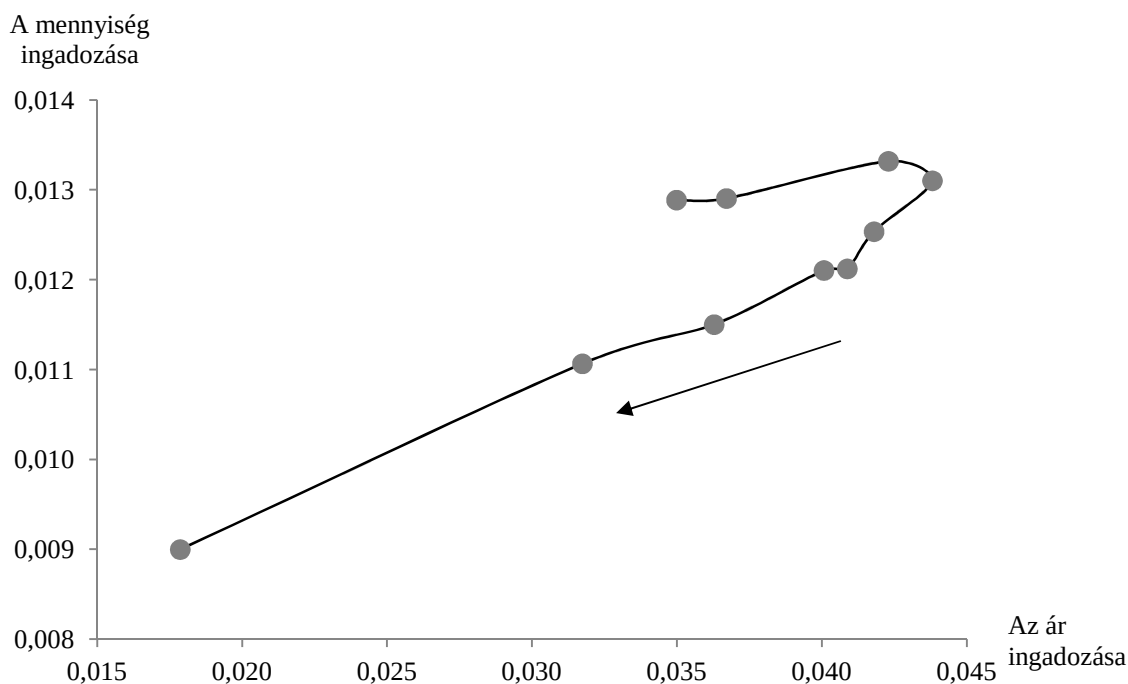
Az árszínvonal alakulását szemléltető ábra azt sugallja, hogy a Calvo-paraméter nem befolyásolja az árszínvonal átlagos értékét, viszont határozottan úgy tűnik, hogy az árszínvonal ingadozása a Calvo-paraméter köztes, 0,5-es értékénél a legnagyobb, míg a szélső értékeknél kisebb. Az aggregált kibocsátás ingadozásáról nehéz lenne ítéletet mondanunk, de úgy tűnik, hogy a nagyfokú ármerevséget kifejező, 0,1-es Calvo-paraméternél az aggregált kibocsátás a periódusok többségében kisebb, mint a tökéletesen rugalmas árakat kifejező, 1-es Calvo-paraméter esetében.

A 7. ábra az 5. ábrához hasonló logika mentén ábrázolja az árszínvonal és az össztermelés ingadozását a Calvo-paraméter különböző értékei mellett. A különbség az, hogy most nem volt szükség exogén keresleti sokkok beépítésére a modellbe ahhoz, hogy fel tudjuk rajzolni ezt az ábrát, hiszen anélkül is van értelme szórást számolni a 101-300. periódusok alapján.

Azt láthatjuk a 7. ábrán, hogy a Calvo-paraméter és az ár ingadozása között egy fordított U-alakú összefüggés bontakozik ki: kezdetben növekszik az ár ingadozása a Calvo-paraméter függvényében, a 0,4-es értéknél éri el a maximumát, és onnantól kezdve csökken.

Ez megerősíti a 6. ábra alapján leszűrt intuíciót. A mennyiség ingadozásáról úgy tűnik, hogy azonos irányban változik az ár ingadozásával.

7. ábra: Az árszínvonal és az össztermelés ingadozása
10 vállalat, 100 háztartás és különböző fokú ármerevségek esetén



Forrás: Saját szerkesztés

Az is látszik, hogy a mennyiség ingadozását sokkal kevésbé befolyásolja a Calvo-paraméter értéke, mint az ár ingadozását. Ennek az oka az, hogy a mennyiség alakulására nem hat közvetlenül a Calvo-paraméter, csak közvetetten, az áron keresztül, aminek az ingadozása érvényesül a fajlagos profit volatilitásában is. Mivel a kínálati döntés során a vállalatok az előző időszak profitabilitása alapján döntenek az aktuális periódus kínált mennyiségéről, a módosuló áringadozás egy periódusos késéssel megjelenik a mennyiség ingadozásában is, de nem egy az egyben, hanem annál kisebb mértékben. A mennyiségi alkalmazkodás erősségét mérő α paraméter 0,5-es értéke azt sejteti, hogy az áringadozás változása nagyjából feleakkora mértékben kell, hogy megjelenjen a mennyiség ingadozásának megváltozásában.

Egyértelmű tehát, hogy a 4. hipotézist el kell fogadnunk: ezúttal sincs trade-off az ár és a mennyiség ingadozása közt a Calvo-paraméter függvényében. Azonban míg a 4.3. szakaszban semmiféle összefüggést nem tapasztaltunk az ár és a mennyiség ingadozása közt, addig most egyértelmű a pozitív kapcsolat, ami ráadásul nem monoton a Calvo-paraméter függvényében, hiszen a 0,4-es paraméterérték környékén megváltozik a kapcsolat iránya. Miért nem

érvényesült ez az együttmozgás az ár és a mennyiség ingadozása között az egy háztartás és egy vállalat 4.3. *szakaszban* bemutatott esetében? Ahogy ott kifejtettük, a keresleti sokkok miatt nem érvényesült egyértelmű kapcsolat a kínált- és a termelt mennyiség alakulása között. Most viszont már nincsenek keresleti sokkok, stabilabb a kereslet, ezért a kínált- és a termelt mennyiség között világosabb az összefüggés, az áringadozás megváltozása nem csak a kínált mennyiség, hanem a termelt mennyiség ingadozását is módosítja.

Azt kell még megmagyaráznunk a 7. *ábra* kapcsán, hogy mi okozza a fordított U-alakú kapcsolatot a Calvo-paraméter és az árszínvonal ingadozása között. Ha ezt megválaszoltuk, akkor már egyértelmű, hogy ez a kapcsolat „tevődik át” a mennyiség ingadozásába is, fordított U-alakú kapcsolatot okozva a Calvo-paraméter és az össztermelés relatív szórása között. Azt kell látnunk, hogy ahogy nő az árak rugalmassága (ahogy nő a Calvo-paraméter), két ellentétes hatás érvényesül. Az egyiket már láttuk a 4.3. *szakaszban*: kisebb ármerevségnél jobban tudnak reagálni a vállalatok a kereslet változásaira az ár változtatásával, ez az árszínvonal ingadozását növeli. A másik hatás abból fakad, hogy az árak nagyobb rugalmassága esetén egyre kevesebb vállalat kerül versenyhátrányba a többivel szemben. Nagy ármerevségnél viszonylag sok vállalat ragad meg számára kedvezőtlen árszinten, ami nagy készletingadozást eredményez náluk. Túlzottan alacsony ár esetén végletesen leépülnek a készletek, túlzottan magas ár esetén jelentősen felhalmozódnak. Ilyenkor a vállalat csak nagymértékű árváltoztatásokkal tudja a kívánt szintre terelni a készleteit, ha lehetőséget kap az ár változtatására. A Calvo-paraméter növekedésével egyre ritkábban kerülnek a vállalatok ilyen, nagy árváltoztatásokat kiváltó, hátrányos szituációkba, és ez az árszínvonal ingadozását csökkenti.

Világos, hogy a Calvo-paraméter alacsony értékeinél a második hatás gyenge, hiszen ha kevés vállalat változtat árat, akkor a nagy árváltoztatásoknak nincs nagy hatása az árszínvonalra. Ezért kezdetben a Calvo-paraméter növekedésével az első hatás dominál: a gyakoribb árváltoztatások növelik az árszínvonal ingadozását. Azonban 0,4-es Calvo-paraméter felett már viszonylag sok vállalat változtat árat, ezért a második hatás válik dominánssá: kisebb ármerevségnél egyre kevesebb a hátrányos helyzetből fakadó, nagy árváltoztatás, ami az árszínvonal ingadozását csökkenti. Ennek köszönhető, hogy közepes mértékű ármerevségnél a legnagyobb az árszínvonal volatilitása, és fordított U-alakú kapcsolat van a Calvo-paraméter és az árszínvonal ingadozása közt.

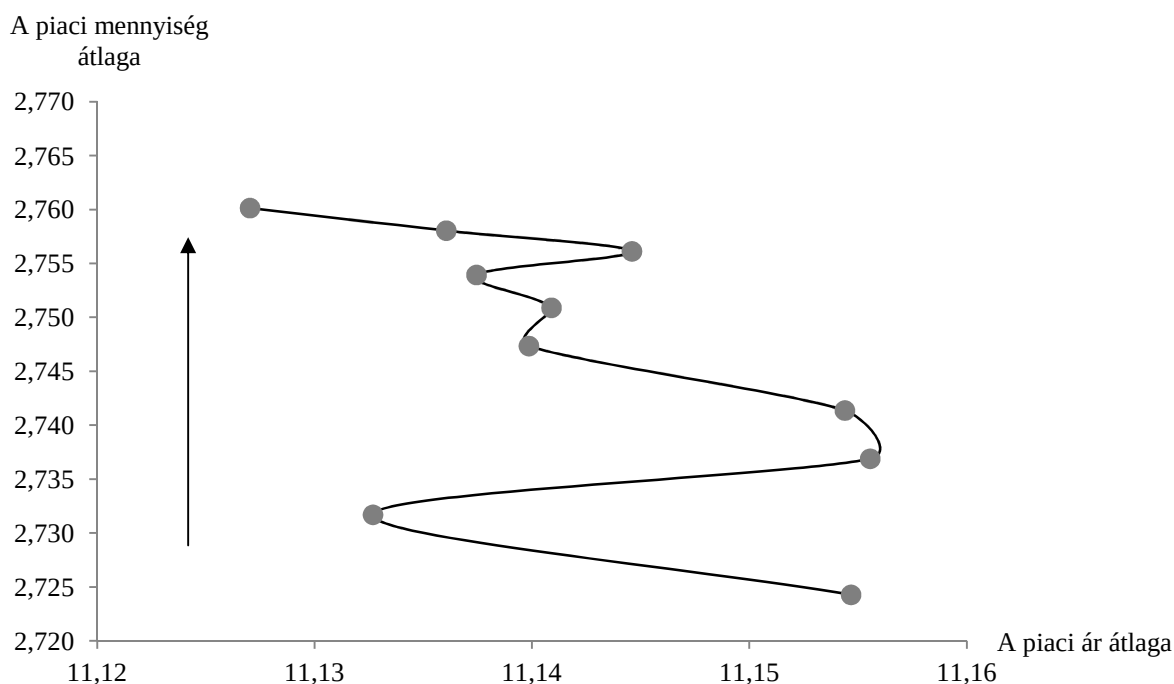
Vajon a két ellentétes hatás közül miért csak az első érvényesült az egy háztartás és egy vállalat 4.3. *szakaszban* bemutatott esetében? Ott miért egy egyértelmű, pozitív kapcsolat volt megfigyelhető a Calvo-paraméter és az ár ingadozása között? A válasz egyértelmű: egyetlen vállalat nem kerülhet olyan versenyhátrányba, ami a második hatás során érvényesü-

lő, nagymértékű árváltoztatásokat előidézi. Természetesen egyetlen vállalat árváltoztatásai is befolyásolják a terméke keresett mennyiségét, de nem akkora mértékben, mint ha versenyeznie kéne, hiszen a háztartások nem tudnak átpártolni más vállalatokhoz. Emiatt a vállalat sokkal stabilabb készletszinttel rendelkezik, így nem fogja akkora mértékben változtatni a terméke árát még kismértékű ármerevség esetén sem. Mindennek következtében még 1-hez közeli Calvo-paraméternél is az első hatás fog érvényesülni: a gyakoribb árváltoztatás az ár ingadozását növeli.

A 6. ábra alapján az volt a benyomásunk, hogy a Calvo-paraméter lehet, hogy hatással van az aggregált kibocsátás átlagos értékére is, ezért a 8. ábrán a 7. ábrához hasonló módon bemutatjuk az átlagos piaci ár és mennyiség alakulását is a Calvo-paraméter függvényében.

8. ábra: Az árszínvonal és az össztermelés átlaga

10 vállalat, 100 háztartás és különböző fokú ármerevségek esetén



Forrás: Saját szerkesztés

Az átlagos árszínvonal és a Calvo-paraméter vonatkozásában nehéz bármilyen kapcsolatot belelátni a 8. ábrába, ez azt jelenti, hogy a 2. hipotézist elfogadjuk. Viszont az aggregált kibocsátás átlaga határozottan növekszik az árak rugalmasságának növekedésével, ami a 3. hipotézis elfogadását teszi lehetővé. Ez az összefüggés mögött ismét az lehet, hogy a Calvo-paraméter csökkentésével egyre több vállalat kerül versenyhátrányba amiatt, hogy nem változtat árat. Amely vállalatok alacsony árszinten ragadnak meg, túl sok vevőt vonzzanak, így

az átlagköltségük folyamatosan az ár felett lesz, ami a kínálat visszafogására ösztönzi őket. A magas árszinten megragadó vállalatoktól pedig nagyon kevesen akarnak vásárolni, ezért náluk készletek halmozódnak fel, amelyek többletköltségeket okoznak, és ezért lesznek veszteségek. Tehát ők szintén a kínálat visszafogásában érdekeltek. A Calvo-paraméter növekedésével egyre kevesebb vállalat kerül versenyhátrányba, ami az aggregált kibocsátás növekedését eredményezi. Mindezek alapján kijelenthetjük, hogy az ármerevség egyfajta holtteher-veszteséget okoz, ami az össztermelés egy részének elvesztésében nyilvánul meg. A holtteher-veszteséget az okozza, hogy az árak merevsége torzítja azt a versenyszituációt, ami tökéletesen rugalmas árak esetén kialakulna.

Felmerülhet a kérdés, hogy vajon az aggregált kibocsátás átlagának a Calvo-paraméter függvényében történő növekedése egyúttal azt is jelenti-e, hogy az ármerevség mértéke hatással van az össztermelés egyensúlyi értékére? Vagy ellenkezőleg: az egyensúlyt nem befolyásolja, tehát a nagyobb ármerevség nagyobb piaci egyensúlytalanságot von maga után? (Lásd az 1. hipotézist.) Ahhoz, hogy ezt megvizsgáljuk, bevezetünk egy egyensúlytalansági mutatót, ami minden periódusban számszerűsíti az aggregált túlkereslet vagy túlkínálat mértékét, és megvizsgáljuk, befolyásolja-e a Calvo-paraméter ezt a mutatót. Az egyensúlytalansági mutató számítása a következőképpen történik:

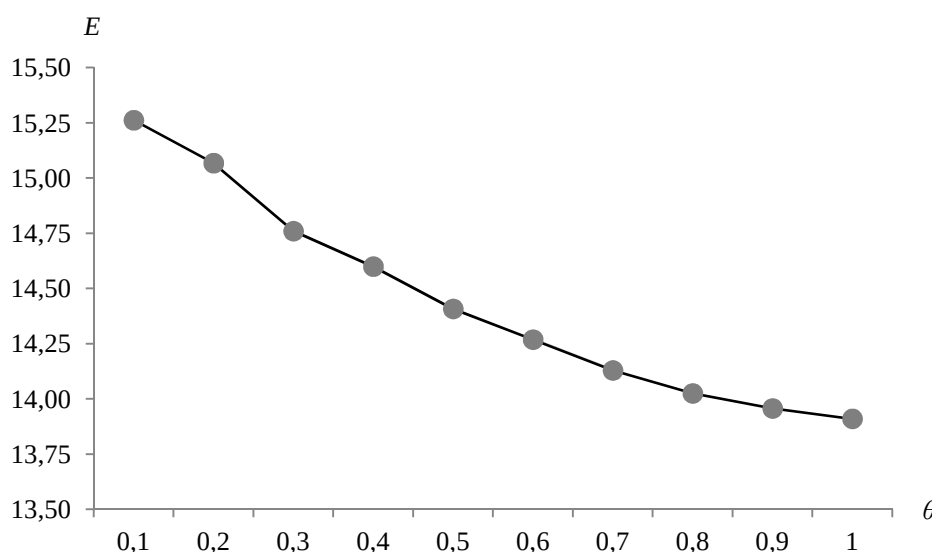
$$E_t = \sum_{j=1}^N |d_{j,t} - (1-z)s_{j,t}|, \quad (7)$$

ahol E_t az egyensúlytalansági mutató értéke a t -edik periódusban, $d_{j,t}$ pedig a j -edik vállalat terméke iránt megnyilvánuló kereslet a t -edik periódusban. Minden vállalat esetén kiszámítjuk, hogy mekkora volt az adott időszakban a terméke iránt megnyilvánuló túlkereslet (ehhez a 4.2. szakaszban bemutatott korrigált kínálatot vesszük alapul, hiszen az egyensúlytalanság elemzésénél a biztonsági készlettel csökkentett kínálat, tehát az értékesítésre szánt mennyiség a releváns), vesszük ennek az abszolút értékét, és a kapott értékeket vállalatonként összegezzük. Az abszolút érték számítását az indokolja, hogy az ellentétes irányú egyensúlytalanságok ne semlegesítsék egymást a mutató értékében. Tehát például két vállalat esetén előfordulhat, hogy az egyikük terméke iránt 2 egységnyi túlkereslet nyilvánul meg, míg a másik termékéből 2 egységnyi túlkínálat van a piacon. Abszolút érték számítása nélkül az egyensúlytalansági mutató értéke 0 lenne, ami piaci egyensúlyra utalna, holott erről szó sincs. Abszolút érték számításával viszont a mutató értéke 4 lenne.

A 9. ábra szemlélteti az egyensúlytalansági mutató alakulását a Calvo-paraméter függvényében. Látható, hogy ahogy nő az árak rugalmassága, úgy csökken az átlagos egyensúlytalanság a piacon. Ez azt bizonyítja, hogy az átlagos össztermelés csökkenése az ármerev-

ség növekedésével nem jelenti azt, hogy a Calvo-paraméter befolyással lenne a piaci egyensúlyra, tehát az 1. hipotézist el kell fogadnunk. Azt viszont jelenti, hogy az ármerevség növekedésével nő az egyensúlytalanság a piacon, mert a termékük árát ritkán változtató termelők a profitabilitásuk csökkenése miatt az egyensúlyi szint alatt tartják a kínálatukat. Továbbá a szakaszos árváltoztatás miatt eleve kevesebb lehetőségük van a vállalatoknak arra, hogy az ár változtatásával a számukra kedvező irányba orientálják a keresett mennyiséget, ez szintén növeli az egyensúlytalanságot.

9. ábra: Piaci egyensúlytalanság az ármerevség függvényében



Forrás: Saját szerkesztés

A 9. ábra alapján levont következtetés egyébként egybevág Lengnick (2013) eredményeivel, aki szintén arra jutott, hogy a Calvo-paraméter alacsony értékei esetén nagyobb az egyensúlytalanság a piacon (ő a kielégítetlen kereslet nagyságával mérte az egyensúlytalanságot), mint a magas értékek esetén. Viszont nála a 0,25-os Calvo-paraméter környékén egy ugrásszerű változás áll be az egyensúlytalanság mértékében, azon kívül pedig nem igazán befolyásolja a Calvo-paraméter a kielégítetlen kereslet nagyságát. Ezzel szemben a 9. ábrán az egyensúlytalansági mutató folyamatosan csökken az ármerevség mértékének csökkenésével.

Végül megpróbáljuk regressziós elemzésekkel alátámasztani a szakaszban leírtakat, valamint megvizsgáljuk az 5-6. hipotézisek helytállóságát is. A 3. táblázat tartalmazza a becslések eredményeit. Az átlagos árszínvonalra vonatkozó becslés alapján láthatjuk, hogy a Calvo-paraméter nem gyakorol szignifikáns hatást az árszínvonal átlagára, ami megerősíti azt a következtetésünket, hogy az ármerevség mértéke nincs befolyással az árszínvonal egyensúlyi értékére. Az aggregált kibocsátás átlagára vonatkozó regresszió pedig a 8. ábrán látottakat

erősíti meg: minél rugalmasabbak az árak, annál nagyobb a piaci össztermelés átlaga. Azonban ez nem jelenti azt, hogy a Calvo-paraméter hatással lenne az aggregált kibocsátás egyensúlyi értékére, hiszen az egyensúlytalansági mutatóra vonatkozó regresszió megerősíti a 9. ábrán látottakat: az árak rugalmasságának növekedésével csökken az átlagos egyensúlytalanság a piacon. Mind az össztermelés átlagát, mind az egyensúlytalansági mutatót meglehetősen nagy magyarázóerővel képes megmagyarázni a Calvo-paraméter.

3. táblázat: Regressziós becslések eredményei az ármerevség fokának változtatására
10 vállalat és 100 háztartás esetén

	Az ár	A mennyi- ség	Az ár	A mennyi- ség	Az egyedi vállalati árak	menny.-ek
	átlaga		ingadozása		szóródása	
Konstans	11,1381***	2,7275***	0,0330***	0,0122***	1,8448***	0,1007***
θ	-0,0005	0,0362***	0,0452***	0,0029*	0,0460**	-0,0213***
θ^2			-0,0541***	-0,0048***		
R^2	0,0000	0,7821	0,5423	0,2448	0,0244	0,5908
	Az árszínvonal		A mennyiség		Egyensúlytalansági	
	idősorára illesztett AR(1) folyamat együtthatója				mutató	
Konstans	0,9784***		0,7560***		15,2408***	
θ	-0,5483***		-0,7414***		-1,5194***	
θ^2	0,3768***		0,3986***			
R^2	0,6387		0,5309		0,8841	

Forrás: Saját szerkesztés

Az árszínvonal ingadozására vonatkozó regresszióban a másodfokú tag negatív előjele és szignifikáns volta megerősíti a vélt, fordított U-alakú kapcsolatot a Calvo-paraméter és az árszínvonal ingadozása között. A piaci össztermelés ingadozására vonatkozó regresszió teljesen hasonló függvényformát jelez a Calvo-paraméter és az aggregált kibocsátás relatív szórása között, mint az árszínvonal ingadozása esetében. Azonban az együtthatók abszolút értékben kisebbek, az elsőfokú tag együtthatója csak 10 százalékos szinten szignifikáns, és a magyarázóerő körülbelül feleakkora. Ez alátámasztja azt, hogy az ármerevség mértékének változása csak azért befolyásolja a piaci össztermelés ingadozását, mert az árak módosuló ingadozása közvetetten megjelenik a mennyiségek volatilitásában is a profitabilitás ingadozásának

változásán keresztül, de csak kisebb mértékben. Ahogy az R^2 -ek eltérései jelzik, nagyjából feleakkora mértékben, valószínűleg azért, mert a mennyiségi alkalmazkodás erősségének α paramétere 0,5. Mindez igazolja, hogy nincsen trade-off az árszínvonal és az össztermelés ingadozása között a Calvo-paraméter függvényében, hanem pozitív a kapcsolat.

Az ingadozások perzisztenciájára kapott eredmények összhangban állnak az ingadozások nagyságára kapott eredményekkel. Azt láthatjuk, hogy mind az árszínvonal, mind a mennyiség vonatkozásában egy U-alakú összefüggés bontakozik ki a Calvo-paraméter és az AR(1) folyamatok együtthatói között, amit a másodfokú tag szignifikáns volta és pozitív előjele jelez. Ez összhangban áll a Calvo-paraméter és az ingadozások nagysága közti fordított U-alakú kapcsolattal, hiszen az ármerevség köztes tartományában az ingadozások nagyobb hektikusága kisebb perzisztenciát eredményez. Ennek alapján az 5. *hipotézist* is elfogadjuk: valóban nincsen trade-off az árszínvonal és az össztermelés ingadozásainak perzisztenciái között a Calvo-paraméter függvényében, itt is pozitív a kapcsolat.

Az egyedi vállalati árak szóródására becsült regresszió-függvény alapján bizonytalanok vagyunk abban a tekintetben, hogy egyáltalán van-e kapcsolat a Calvo-paraméter és a vállalati árak szóródása között. A becsült együttható 1 százalékos szinten nem különbözik szignifikánsan nullától, és a magyarázóerő is csupán 2,44 százalékos. Tehát valószínűsíthetjük, hogy az ármerevség mértéke nincs befolyással az egyedi vállalati árak szóródására. Az egyedi vállalati mennyiségek szóródása és a Calvo-paraméter között viszont már szignifikáns, negatív kapcsolatot mértünk, amit az 59,08 százalékos magyarázóerő is alátámaszt. Nagyobb fokú ármerevségnél azért lehet nagyobb a termelt mennyiségek szóródása, mert ilyenkor a versenyhátrányban lévő vállalatok keveset termelnek, míg a versenyelőnyben lévők sokat. Ahogy egyre rugalmasabbá válnak az árak, úgy egyre kisebb lesz az ármerevség versenyt torzító hatása, a kiegyenlítődő piaci erőviszonyok pedig a termelési szintek konvergenciáját eredményezik. Tehát a 6. *hipotézisnek* azt a részét elvetjük, hogy az árak szóródása csökken a Calvo-paraméter növekedésével, hiszen nincs szoros összefüggés köztük. Azt a részét viszont elfogadjuk, hogy a mennyiségek szóródása a Calvo-paraméter növekedése esetén csökken, bár ennek az oka nem teljesen az, amit előzetesen feltételeztünk. Nagyobb ármerevség esetén nem pusztán azért nagyobb a termelt mennyiségek szóródása, mert mindig más vállalatok változtatnak árat, és az ebből fakadó különbségek közvetetten megjelennek a termelési szintekben is, hanem főként azért, mert a kevésbé kiegyenlített versenyszituáció nagyobb különbségeket eredményez a vállalatok nyereségességében, ami a kínált mennyiségekben is megjelenik.

Fontos megjegyeznünk, hogy a DSGE modellek következtetéseihez hasonlóan az ebben a szakaszban kapott eredmények is a modell sajátos előfeltevéseiből következnek. Nem állítjuk, hogy a feltárt összefüggések minden körülmények között megállják a helyüket a valóságban is, bizonyára felépíthető olyan, más feltételezéseken alapuló modell, ami más következtetésekre vezet. Viszont azt gondoljuk, hogy a modellünk feltevései legalább annyira védhetőek, mint a DSGE modelleké, és a belőlük következő eredmények is legalább annyira logikusak és életszerűek. Ezáltal a célunkat elértük: sikerült megmutatnunk, hogy a main stream közgazdaságtan ármerevségekről vallott nézeteit nem szabad minden körülmények között készpénznek venni.

4.5. Az ármerevség szempontjából heterogén vállalatok esete

Empirikus kutatások szerint a valóságban jelentős különbségek figyelhetők meg a különböző gazdasági ágazatokban működő vállalatok átlagos árváltoztatási gyakoriságai közt. (Bils – Klenow, 2004; Nakamura – Steinsson, 2008) Egy ágensalapú modellbe könnyedén beépíthető ez a fajta vállalatok közti heterogenitás, ezért ebben a szakaszban megvizsgáljuk, hogy milyen hatásai vannak az ármerevség szempontjából heterogén vállalatok figyelembe vételének.¹² Ennek során a Calvo-paraméter középvértékét 0,5-en rögzítjük, és a σ_θ heterogenitási paramétert változtatjuk 0-tól 1-ig. A heterogenitási paraméter értéke azt mutatja meg, hogy a vállalatok egyedi Calvo-paraméterei a 0,5-es középvértékhez képest hány százalékos szóródási tartományban helyezkedhetnek el. Ebből a tartományból egy egyenletes eloszlás alapján kapjuk meg véletlenszerűen az egyedi paraméterértékeket.¹³ Minden más szempontból továbbra is homogének a vállalatok.

A vizsgálatunkhoz a következő két hipotézist fogalmazzuk meg:

- 1. *hipotézis*: A heterogenitási paraméter nincs hatással az árszínvonal és az aggregált kibocsátás átlagára és ingadozására.
- 2. *hipotézis*: A heterogenitási paraméter növekedésével az egyedi vállalati árak és termelt mennyiségek szóródása nő.

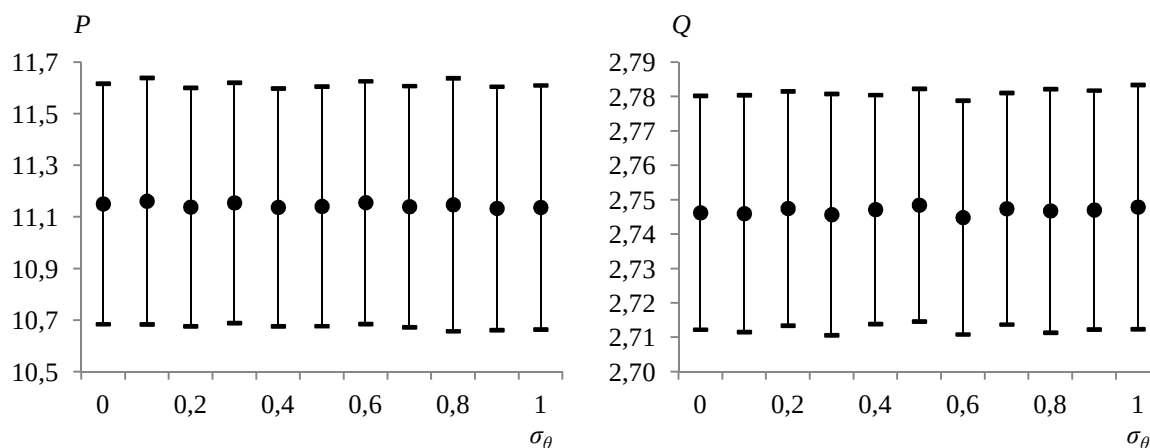
Az 1. *hipotézis* mögött az húzódik meg, hogy a heterogenitás növekedésével ugyan nőnek a vállalatok árváltoztatási gyakoriságai közti különbségek, az átlagos árváltoztatási gyakoriság ugyanaz marad, ezért a vállalatok közti különbségek aggregált szinten semlegesí-

¹² A szakaszban leírt eredmények akkor is érvényesek, ha a vállalatok az (5') egyenlet alapján, a versenytársak árait is figyelembe véve döntenek a termékük áráról.

¹³ Ha egy vállalat 0,1 alatti paraméterértéket kapna, nála 0,1-re állítjuk a Calvo-paramétert, mert annál kisebb érték esetén nem biztosított, hogy 100 perióduson belül véget ér a vállalat indulóalkalmazkodása, és ez torzítaná a statisztikákat.

tik egymást. Viszont vállalati szinten megjelenhetnek a különbségek, ez áll a 2. hipotézis mögött. A 10. ábra szemlélteti, hogyan alakul a piaci árszínvonal és az aggregált kibocsátás átlaga és szórása a heterogenitási paraméter függvényében.

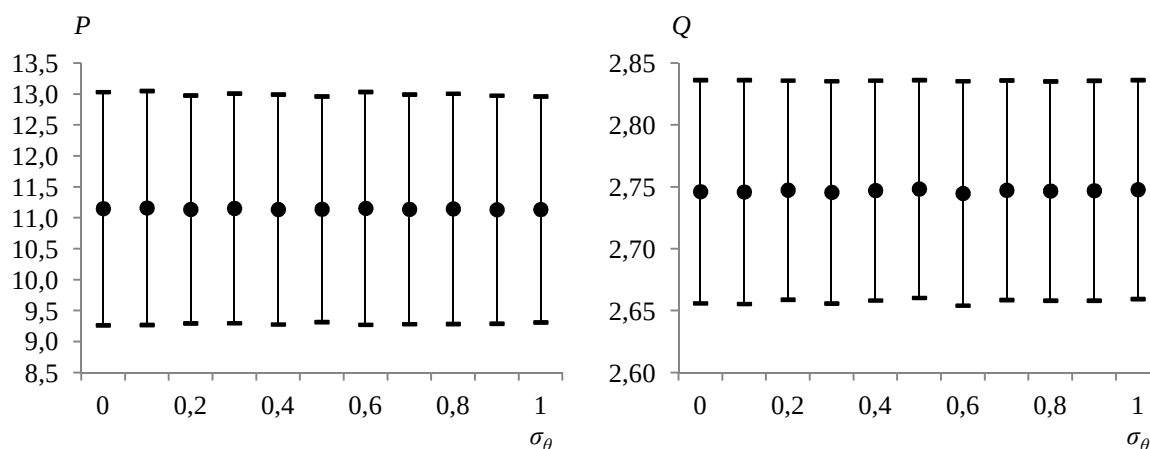
10. ábra: Az árszínvonal és az össztermelés ingadozása
a vállalatok ármerevségbeli heterogenitásának függvényében



Forrás: Saját szerkesztés

Az ábra megerősíti az 1. hipotézist. Mivel az átlagos árváltoztatási gyakoriság a Calvo-paraméter heterogenitásától függetlenül ugyanaz marad, ezért sem az árszínvonal, sem az össztermelés átlagára és ingadozására nincs hatással az ármerevségben megnyilvánuló heterogenitás.

11. ábra: Az egyedi árak és mennyiségek szóródása
a vállalatok ármerevségbeli heterogenitásának függvényében



Forrás: Saját szerkesztés

Az egyedi vállalati árak és termelt mennyiségek szóródása a 11. ábrán látható a heterogenitási paraméter függvényében. (Az átlagos értékek ugyanazok, mint a 10. ábrán.) Itt is azt láthatjuk, hogy a heterogenitási paraméter változtatásának semmiféle hatása nincsen, tehát a 2. hipotézist nem tudjuk elfogadni. A meglepő eredmény oka az, hogy ármerevség szempontjából heterogén vállalatok esetén ugyan különbözik az árváltoztatási gyakoriság vállalatonként, de az árváltoztatás időpontja továbbra is véletlenszerű. Megjelennek olyan vállalatok, amelyek az átlagnál gyakrabban változtatnak árat, ez a szóródás növekedésének irányába hat, de ha ezek hasonlóan reagálnak a fennálló piaci körülményekre, akkor nem feltétlenül. Velük azonos arányban megjelennek olyan vállalatok is, amelyek az átlagnál ritkábban változtatnak árat, ez a szóródás csökkenésének irányába hat, de ha ezek a vállalatok jelentősen különböző árszinteken ragadnak meg, akkor nem feltétlenül. A bizonytalan és egymással ellentétes hatások végső soron semlegesítik egymást.

Azt valószínűsítjük, hogy ha az egyenletes eloszlásnál bonyolultabb, aszimmetrikus eloszlásból származtatnánk az egyedi Calvo-paramétereket, akkor más eredményekre jutnánk, mert olyankor a heterogenitás növekedésével az átlagos árváltoztatási gyakoriság is változna. Azonban amíg az eloszlás szimmetrikus, addig a vállalatok közti ármerevségbeli heterogenitás változtatásának semmiféle hatása nincsen.

4. táblázat: Regressziós becslések eredményei
az ármerevségbeli heterogenitás fokának változtatására

	Az ár	A mennyi- ség	Az ár	A mennyi- ség	Az egyedi vállalati	
	átlaga		ingadozása		árak	menny.-ek
	szóródása					
Konstans	11,1407***	2,7466***	0,0418***	0,0125***	1,8860***	0,0895***
σ_θ	0,0127	-0,0003	0,0027**	0,0004	-0,0498***	-0,0006
R^2	0,0060	0,0003	0,0243	0,0093	0,0408	0,0018

Forrás: Saját szerkesztés

A 4. táblázat regressziós becslései számszerűen is alátámasztják a 10-11. ábrák alapján levont következtetéseket. A becült regresszió-függvényekben a heterogenitási paraméter együtthatója nem különbözik szignifikánsan nullától 1 százalékos szignifikancia-szinten, tehát nincs kapcsolat a heterogenitási paraméter és a vizsgált változók között. Kivételt jelent az egyedi vállalati árak szóródására felírt regresszió, amelyben 1 százalékos szinten is szignifi-

káns a heterogenitási paraméter együtthatója, azonban ennek is olyan alacsony a magyarázóereje, hogy nem beszélhetünk szoros kapcsolatról.

4.6. Calvo-árazás a versenytársak árainak figyelembe vételével

Ebben a szakaszban azzal a feltételezéssel vizsgáljuk meg a Calvo-árazás hatásait, hogy a vállalatok az (5') egyenletnek megfelelően döntenek a termékük áráról, amennyiben változtatnak rajta, vagyis nem elszigetelten hozzák meg az árdöntést, hanem a versenytársaik által szabott árakra is tekintettel vannak. Hau és szerzőtársai (2013) megmutatják, hogy minél nagyobb súllyal veszik figyelembe a vállalatok az árdöntés során a versenytársak árait, annál kisebb lesz az árszínvonal és az aggregált kibocsátás ingadozása. Ennek oka az, hogy ilyenkor a vállalatok jobban hasznosítják a piaci információkat. Azáltal, hogy tekintettel vannak a versenytársak áraira is, tulajdonképpen „megtanulják” a vállalatok a piaci árat egy adaptív tanulási folyamat keretében, és annak a környékén tartják a saját termékük árát. Az árnak ez a kisebb ingadozása mérsékli a mennyiség ingadozását is. Értelemszerűen az egyedi vállalati árak szóródása is csökken, viszont a vállalati mennyiségek szóródása nő. Az átlagos árszínvonalra és össztermelésre ugyanakkor nem gyakorol egyértelmű hatást az (5') egyenlet γ paraméterének változtatása. Vajon ezek a tendenciák érvényesülnek akkor is, ha bekapcsoljuk a Calvo-árazást? Hau és szerzőtársai (2013) eredményei alapján a vizsgálathoz a következő hipotézist fogalmazzuk meg:

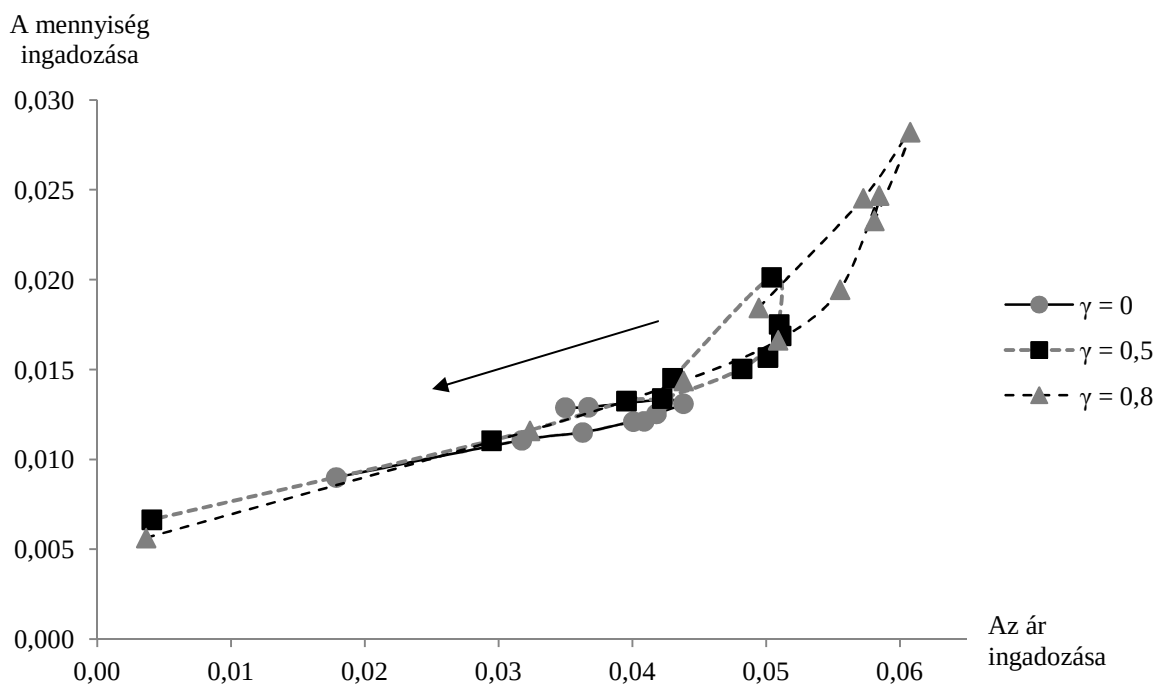
- *Hipotézis:* Ha a vállalatok nagyobb súllyal veszik figyelembe a versenytársak árait az árdöntés során, akkor az árszínvonal és az össztermelés ingadozása csökken.

A 12. ábrán azonnal látszik, hogy a hipotézist el kell vetnünk: Calvo-árazás esetén egész más hatásokkal jár, ha a vállalatok tekintettel vannak a versenytársaik által szabott árakra is az árdöntésük során, mint Calvo-árazás nélkül. A 12. ábra a γ paraméter 0, 0,5 és 0,8 értékei mellett ábrázolja az ár és a mennyiség ingadozása közti kapcsolatot a Calvo-paraméter függvényében. A három görbe alakja hasonló a 7. ábrán megismerthez, azonban az elhelyezkedésük különbözik. Tehát a Calvo-paraméter ugyanúgy befolyásolja az árszínvonal és az aggregált kibocsátás ingadozását, ahogy eddig, viszont a γ paraméter nem.

Tekintsük először a három görbe végpontjait, amik az 1-es Calvo-paraméternek felelnek meg. Ezekből azt láthatjuk, hogy minél nagyobb súllyal veszik figyelembe a versenytársak árait az árdöntésük során a vállalatok, annál kisebb az árszínvonal és az össztermelés ingadozása: ez megegyezik a Hau és szerzőtársai (2013) által kapott eredménnyel. Azonban

ahogy bekapcsoljuk a Calvo-árazást (1-nél kisebb a Calvo-paraméter), megváltozik ez az összefüggés: a γ paraméter növekedésével mind az ár, mind a mennyiség ingadozása nő.

12. ábra: Az árszínvonal és az össztermelés ingadozása különböző fokú ármerevségeken és a versenytársaik árainak eltérő mértékű figyelembe vétele esetén



Forrás: Saját szerkesztés

Ennek a háttérben két ok is meghúzódhat. Az egyik az, hogy merevebb árak esetén viszonylag hosszú idő telik el két árváltoztatás között, ezalatt a vállalat termékének az ára és a piaci átlagár közti különbség jelentősen megnő, ami nagymértékű árváltoztatást indukál akkor, amikor az lehetővé válik. Ez megjelenik az árszínvonal ingadozásában is. A másik ok az lehet, hogy amikor az árváltoztató vállalatok meghozzák az árdöntést, akkor olyan vállalatok termékének az árát is figyelembe veszik, amelyek az előző időszakban nem is végeztek egyensúlyi áralkalmazkodást. Ez pedig a Calvo-árazás nélküli esettel szemben nem segíti, hanem gátolja az árváltoztató vállalatok egyensúlyi alkalmazkodását, ami az árszínvonal nagyobb ingadozásában is megnyilvánul. A nagyobb áringadozás ismét lecsapódik a mennyiség ingadozásában is.

Az 5. táblázatban ezúttal is regresszió-analízissel támasztjuk alá az eredményeket. A Calvo-paraméter együtthatói minden regresszió-függvényben többé-kevésbé megegyeznek a 3. táblázat kapcsán ismertetettekkel. Kivételt jelent a mennyiség ingadozására becsült függvény, amelyben a Calvo-paraméter négyzete most nem lett szignifikáns, ezért ki is hagytuk

belőle. Ennek oka a 12. ábrán jól látszik: a magasabb γ paraméterekhez tartozó görbék meredksége jóval kisebb Calvo-paraméternél vált át negatívba, mint a versenytársak árainak ignorálása esetén. Továbbá az egyedi árak szóródása és a Calvo-paraméter között a 3. táblázat eredményei alapján nem találtunk egyértelmű összefüggést, most viszont szignifikáns, pozitív kapcsolatot azonosítottunk. Hozzá kell azonban tenni, hogy a magas magyarázóerő főként a γ paraméternek köszönhető: ha azt kivesszük a magyarázó változók közül, akkor az R^2 17,3 százalékra csökken, tehát továbbra sem erős a kapcsolat a Calvo-paraméter és az egyedi árak szóródása közt.

5. táblázat: Regressziós becslések eredményei az ármerevség fokánál és a versenytársak áaira adott reakció erősségének változtatására

	Az ár	A mennyi- ség	Az ár	A mennyi- ség	Az egyedi vállalati árak	mennyi.-ek
	átlaga		ingadozása		szóródása	
Konstans	11,1736***	2,7312***	0,0291***	0,0161***	1,6016***	0,0957***
θ	0,0239	0,0470***	0,0632***	-0,0149***	0,2296***	-0,0147***
θ^2			-0,0828***			
γ	-0,0425**	-0,0196***	0,0253***	0,0190***	-0,4637***	0,0015
R^2	0,0318	0,4595	0,7334	0,3430	0,7741	0,3457

Forrás: Saját szerkesztés

Az átlagos árszínvonal és össztermelés, valamint a γ paraméter közt továbbra sincs egyértelmű kapcsolat. Bár az átlagos árszínvonalra felírt regresszióban 5 százalékos szinten szignifikáns a γ paraméter, a magyarázóerő nagyon gyenge. Az átlagos aggregált kibocsátásra becsült függvényben 1 százalékos szinten is szignifikáns a γ paraméter, de a magyarázóerő nagyobbik részéért a Calvo-paraméter felel: ha azt elhagyjuk, a γ paraméter egyedül csak 10 százalékban képes megmagyarázni az átlagos össztermelés szóródását. Az árszínvonal és az aggregált kibocsátás ingadozása növekszik, ahogy egyre nagyobb súllyal veszik figyelembe a vállalatok a versenytársak árait az árdöntés során: ez megerősíti a 12. ábra alapján nyert intuíciónkat. Hau és szerzőtársai (2013) eredményeivel egybevág, hogy a γ paraméter növekedésével az egyedi árak szóródása csökken, és az egyedi mennyiségek szóródása nő, bár náluk az egyedi mennyiségekre felírt regresszióban szignifikánsan különbözött nullától a γ paraméter együtthatója, itt viszont nem.

4.7. Hálózati hatások és a Calvo-árazás

A dolgozat eddigi részeiben azt feltételeztük, hogy minden gazdasági szereplő ismeri az összes többit, pedig a modellben kétféle ismertségi hálózat definiálására is lehetőség nyílik. Egyrészt megadhatunk egy háztartások és vállalatok közti ismertségi hálózatot, másrészt egy vállalatok közti ismertségi hálózatot. Hau és szerzőtársai (2013) kifejtik, hogy a háztartások és a vállalatok közti hálózat mindaddig irreleváns a vállalatok információs bázisa szempontjából, amíg ez a hálózat rögzített. Ezek a kapcsolatok csupán a vállalatok által érzékelt piac méretét befolyásolják, ezért a továbbiakban a vállalatok közti ismertségi hálózatra összpontosítunk, amely viszont már kulcsszerepet játszik a vállalati döntések meghozatala során.

Feltételezzük, hogy a vállalatok közti ismertségi hálózat egy véletlen hálózat¹⁴, amelynek sűrűségét egy r paraméter segítségével adhatjuk meg, ahol $0 \leq r \leq 1$. Az r értéke azt mutatja meg, hogy két vállalat között mekkora valószínűséggel van ismertségi kapcsolat. Kellően nagyszámú vállalat esetén a hálózat sűrűsége r -hez konvergál. Egy hálózat sűrűsége azt mutatja meg, hogy az összes lehetséges kapcsolat mekkora hányada figyelhető meg ténylegesen a hálózatban. Tehát ebben a modellben a vállalatok közti kapcsolati háló nagyobb sűrűsége esetén a vállalatok egy kiterjedtebb versenytársi kör árára támaszkodva, nagyobb információs bázis felhasználásával hozzák meg az árdöntéseiket az (5') egyenlet alapján.

A szimulációk során a Calvo-paraméter és a hálózati sűrűség változtatásának hatásait vizsgáljuk. A γ paraméter értékét 0,5-en rögzítjük, tehát az információs bázis kiterjedtségétől függetlenül mindig ugyanakkora súllyal veszik figyelembe a vállalatok az ismert versenytársaik átlagárát az árdöntésük során. A vizsgálatokhoz az alábbi hipotézist fogalmazzuk meg.

- *Hipotézis:* A vállalatok közti ismertségi hálózat sűrűsége nincs hatással az árszínvonal és az össztermelés ingadozására.

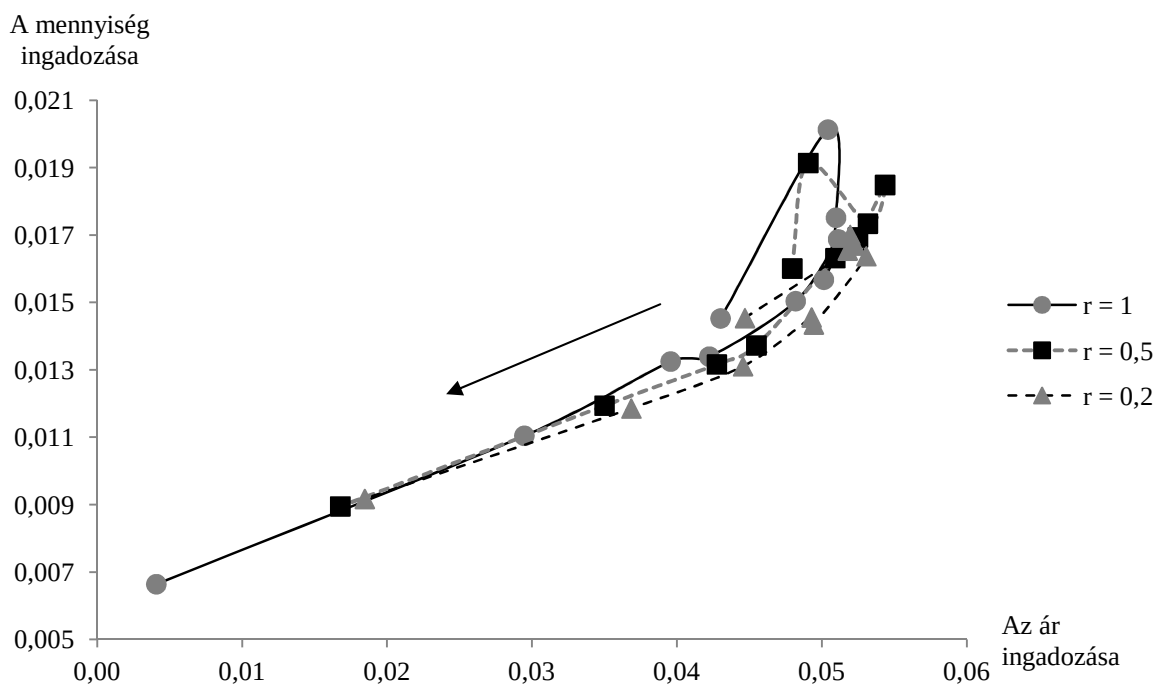
A hipotézis ellentmond Hau és szerzőtársai (2013) eredményeinek, amelyek szerint a hálózati sűrűség növekedésével az aggregált változók ingadozása csökken, hiszen ha több versenytárs termékének ismerik az árát a vállalatok, akkor könnyebben „megtanulják” a piaci árát, és ahhoz igazítják a saját termékük árát. Ennek az eredménynek a hátterében az áll, hogy a versenytársak árainak hangsúlyosabb figyelembe vétele az árdöntés során csökkenti az aggregált változók ingadozását. Viszont a 4.6. szakaszban arra a következtetésre jutottunk, hogy Calvo-árazás esetén éppen ellentétes hatás figyelhető meg, mert olyan versenytársak árára is tekintettel vannak a vállalatok, amelyek nem is végeznek áralkalmazkodást, és ez megnehezíti az egyensúlyi alkalmazkodásukat, ezáltal növeli az árszínvonal és az össztermelés

¹⁴ A véletlen hálózatok elméletét Erdős és Rényi (1959) munkája alapozta meg.

lés ingadozását. Ha Calvo-árazás jelenlétében növeljük a vállalatok közti ismertségi hálózat sűrűségét, akkor minden időszakban több árat nem változtató vállalat termékének az ára szolgál az árdöntés alapjául, ami az ingadozásokat növelheti. Ugyanakkor több árváltoztató vállalat termékének az ára is bekerül az információs bázisba, ami mérsékelheti az ingadozásokat. Arra számítunk, hogy a két hatás semlegesíti egymást, és a piaci aggregátumok szintjén nem lesz semmiféle következménye a hálózati sűrűség változtatásának.

A 13. ábra a hálózati sűrűség 1, 0,5 és 0,2 értékei mellett mutatja az ár és az output ingadozása közti kapcsolatot a Calvo-paraméter függvényében, és megerősíti a *hipotézisünket*.

13. ábra: Az árszínvonal és az össztermelés ingadozása különböző fokú ármerevségek és a vállalatok közti ismertségi hálózat különböző sűrűségei esetén



Forrás: Saját szerkesztés

Elsőként ismét a három görbe végpontjaira hívnánk fel a figyelmet, amelyek a Calvo-árazás nélküli esetnek felelnek meg. Ezek most is Hau és szerzőtársai (2013) eredményeit tükrözik: nagyobb hálózati sűrűség kisebb ingadozásokkal jár. A többi pont esetén viszont már nehéz bármilyen összefüggést felfedezni a hálózati sűrűség, valamint az ár és a mennyiség ingadozása közt. A Calvo-paraméter a 4.4. szakaszban ismertetett módon befolyásolja az árszínvonal és az aggregált kibocsátás ingadozását.

A kifinomultabb elemzéshez a 6. táblázat regressziós becsléseit hívjuk segítségül. Várakozásainknak megfelelően az átlagos árszínvonalat sem a Calvo-paraméter, sem a hálózati

sűrűség nem befolyásolja szignifikánsan. Az átlagos össztermelés szokás szerint növekszik az árak rugalmasságának növekedésével, viszont meglepő lehet, hogy a hálózati sűrűség is szignifikáns, pozitív kapcsolatban áll vele. Hozzá kell azonban tenni, hogy a modell viszonylag nagy magyarázóereje főként a Calvo-paraméternek köszönhető: ha azt kihagyjuk a magyarázó változók közül, akkor az R^2 0,022-re csökken, ráadásul a hálózati sűrűség együtthatója 1 százalékos szinten elveszti a szignifikanciáját, ami arra utal, hogy mégsincs határozott kapcsolat a hálózati sűrűség és az átlagos aggregált kibocsátás közt.

6. táblázat: Regressziós becslések eredményei az ármerevség fokának és a versenytársak közti ismertségi hálózat sűrűségének változtatására

	Az ár	A mennyi- ség	Az ár	A mennyi- ség	Az egyedi vállalati	
	átlaga		ingadozása		árak	menny.-ek
					szóródása	
Konstans	11,1911***	2,7277***	0,0383***	0,0132***	1,6550***	0,0989***
θ	0,0078	0,0353***	0,0717***	0,0138***	0,2534***	-0,0138***
θ^2			-0,0857***	-0,0187***		
r	-0,0120	0,0054***	-0,0029**	0,0015**	-0,4227***	-0,0018
R^2	0,0035	0,6981	0,6545	0,3046	0,6548	0,3404

Forrás: Saját szerkesztés

Az ár és a mennyiség ingadozására felírt regressziók egyrészt megerősítik a megszkott, fordított U-alakú kapcsolatot a Calvo-paraméter, valamint az ár és a mennyiség ingadozása közt, másrészt azt láthatjuk, hogy 1 százalékos szinten egyik regresszió-függvényben sem különbözik szignifikánsan nullától a hálózati sűrűség együtthatója. A kapcsolat hiányát erősíti meg az is, hogy ha elhagyjuk a modellekből a Calvo-paramétert és annak négyzetét, mint magyarázó változókat, akkor a hálózati sűrűség az ár ingadozását önmagában csak 1,42 százalékos magyarázóerővel képes megmagyarázni, a mennyiség ingadozását pedig csak 0,99 százalékos magyarázóerővel. Ilyenkor az első modellben a hálózati sűrűség csak 10 százalékos szinten szignifikáns, a másodikban pedig akkor sem.

Az egyedi vállalati árak és mennyiségek szóródására becsült regresszió-függvények eredményei teljesen összeesengenek az 5. táblázatban a γ paraméter változtatására kapott eredményekkel. Bár az aggregált változók ingadozásai nem változnak, az ismertségi kör bővülésének most is megvan az a hatása, hogy az egyedi árak közti különbségeket mérsékli, míg az egyedi mennyiségek szóródását nem befolyásolja szignifikánsan.

5. AZ EREDMÉNYEK ÖSSZEGZÉSE ÉS A TOVÁBBLÉPÉS LEHETŐSÉGEI

5.1. Az eredmények összegzése

A dolgozat célja annak igazolása volt, hogy a Calvo-árazás DSGE modellekben tapasztalható hatásai csak a main stream közgazdaságtan specifikus előfeltevéseiből következnek. A 4. fejezet eredményei valóban rávilágítottak arra, hogy ha áthelyezzük a Calvo-árazást egy ágensalapú modell keretei közé, amely realisztikusabb feltételezéseken nyugszik, akkor egészen más hatásokat tapasztalunk.

1. *Nincsen trade-off az ár és a termelés ingadozása közt a Calvo-paraméter függvényében.* Ehelyett a 4.4. szakasz többszereplős esetében egy pozitív kapcsolat rajzolódott ki az árszínvonal és az össztermelés ingadozása közt a Calvo-paraméter függvényében, ami abból fakadt, hogy az ár ingadozása megjelenik a profitabilitás ingadozásában is, és mivel a vállalatok az előző időszak nyereségessége alapján hozzák meg a kínálati döntésüket, ugyanez a volatilitás megfigyelhető a kínált- és a termelt mennyiség alakulásában is. Ráadásul az ingadozások nagysága és a Calvo-paraméter közti összefüggés fordított U-alakú, ami abból következik, hogy az árak rugalmasságának növekedésével két ellentétes hatás érvényesül: egyrészt a gyakoribb árváltoztatás növeli az árszínvonal ingadozását, másrészt a gyakoribb árváltoztatásokkal a vállalatok jobban tudják stabilizálni a termékük iránti keresletet, és az ebből fakadó kisebb készletingadozás kisebb árváltoztatásokat eredményez, ami az árszínvonal ingadozását csökkenti. Nagyobb ármerevségnél az első-, kisebb ármerevségnél a második hatás dominál.
2. *A Calvo-paraméter növekedésével az átlagos össztermelés nő.* Ennek a hátterében az áll, hogy minden időszakban versenyhátrányba kerülnek azok a vállalatok, amelyek nem reagálnak árváltoztatással a kereslet alakulására, és ez veszteségeket okoz náluk, ami a kínált mennyiség visszafogására ösztönzi őket. Nagyobb ármerevség esetén több vállalat kerül versenyhátrányba, ami az aggregált kibocsátás csökkenését, a piaci egyensúlytalanság növekedését eredményezi. Ezzel összefüggő további eredményünk, hogy a Calvo-paraméter növekedésével az egyedi vállalati mennyiségek szóródása csökken, mert rugalmasabb árak esetén a versenyszituáció kiegyenlítettebbé válik.
3. *A vállalatok ármerevségbeli heterogenitásának nincs hatása a piaci kimenetelre.* Ez abból fakad, hogy a heterogenitás növekedése ellenére az átlagos árváltoztatási valószínűség ugyanaz marad, így az egymással ellentétes hatások kioltják egymást.

4. *Ha a vállalatok nagyobb súllyal veszik figyelembe a versenytársak árait az árdöntésük során, akkor az aggregált változók ingadozása nő.* Ez éppen ellentétes Hau és szerzőtársai (2013) Calvo-árazás nélküli eredményeivel, hiszen Calvo-árazás esetén a versenytársak árainak figyelembe vétele nem segíti a piaci ár „megtanulását”, hanem nehezíti azt, mert olyan versenytársak áaira is tekintettel vannak az árváltoztató vállalatok, amelyek az előző időszakban nem is végeztek áralkalmazkodást. Ez nehezíti az egyensúlyi alkalmazkodást, és növeli az ingadozásokat.
5. *Ha növekszik a vállalatok közti ismertségi hálózat sűrűsége, annak nincsenek egyértelmű hatásai.* Hau és szerzőtársai (2013) eredményei szerint a hálózat nagyobb sűrűsége kisebb ingadozásokat eredményez, mert nagyobb információs bázis alapján „tanulhatják meg” a piaci árat a vállalatok. Azonban Calvo-árazás esetén ez a tanulási folyamat nem tud megfelelően kibontakozni. Ilyenkor nagyobb hálózati sűrűség esetén ugyan több árváltoztató versenytársat ismernek a vállalatok, ami segíti az alkalmazkodást, viszont több árat nem változtató versenytársat is ismernek, ami hátráltatja az alkalmazkodást. A két ellentétes hatás semlegesíti egymást.

Hangsúlyozzuk, hogy nem gondoljuk azt, hogy az ebben a dolgozatban bemutatott modell lenne az egyetlen helyes piaci modell. A Calvo-árazás itt tapasztalt hatásai a DSGE modellekhez hasonlóan a modell előfeltevéseiből következnek. Bizonyára felépíthető olyan, más feltételezéseken alapuló modell, amely alapján más eredményekre jutnánk. Azt viszont gondoljuk, hogy a modellünk feltevései legalább annyira védhetőek, mint egy DSGE modell feltételezései, és a belőlük levont következtetések is legalább annyira logikusak. Ezzel pedig a dolgozat elérte a célját: bemutatta, hogy a main stream közgazdaságtan ármerevségekkel kapcsolatos nézeteit nem szabad magától értetődően elfogadnunk, ahogy sok más nézetét sem.

5.2. Továbblépési lehetőségek

Ebben a dolgozatban azért foglalkoztunk a Calvo-árazással, mert a DSGE modellek következtetéseire akartunk reflektálni, azokban pedig ez az ármerevségek megjelenítésének legelterjedtebb módja. A 2.2. szakaszban kifejtett kritikák miatt mégis azt gondoljuk, hogy a Calvo-árazás helyett inkább a 2.1. szakaszban említett, állapotfüggő modellekhez hasonlóan kéne modellezni a nem-tökéletes áralkalmazkodást, mert azokban maguk a vállalatok döntenek el, hogy változtatnak-e árat, ezért nem merülnének fel azok a kritikák, amelyek a Calvo-árazás mikro-megalapozásának hiányát kifogásolják. Ez a dolgozat jól rávilágított arra, hogy az ármerevségek másfajta modellezési eszközeinek a hatásait is fontos lehet felmérni egy

ágensalapú modell keretei között, mert valószínűleg más következményeik lennének, mint a main stream modellekben. Ezért a kutatás folytatásának legfontosabb iránya az lehet, hogy vizsgáljuk meg az ármerevségek többi modellezési eszközének is a hatásait egy ágensalapú modellben, és találjuk meg azt, amelyik a legalkalmasabb arra, hogy akár egy gyakorlatban alkalmazott ágensalapú makromodell keretei között megjelenítse az árak merevségét.

További kutatási irány lehet a vállalatok közti ármerevségbeli heterogenitás kifinomultabb modellezése. A 4.5. *szakaszban* arra jutottunk, hogy nincs szignifikáns hatása semmire ennek a fajta heterogenitásnak, de a 2.2. *szakaszban* hivatkozott kutatási eredmények azt valószínűsítik, hogy az ármerevségbeli heterogenitás nem elhanyagolható kérdés, tehát ha más-hogy modelleznénk, akkor valószínűleg lennének következményei. Érdekes lehet például megvizsgálni, hogy mi történik, ha a vállalatok egyedi Calvo-paramétereit nem egy egyenletes eloszlásból, hanem valamilyen bonyolultabb, aszimmetrikus eloszlásból származtatjuk.

Végül érdemes lehet elemezni az ármerevség hatásait egy ágensalapú makromodell keretei közt is. Így meg lehetne vizsgálni, hogy a termékpiacon tapasztalható ármerevségnek vannak-e tovagyrúzó hatásai más piacokra. Azért is fontos az elemzés kiterjesztése makroszintre, mert az ágensalapú makroökonómia célja olyan ágensalapú makromodellek létrehozása, amelyek jobb teljesítményükkel leválthatják a DSGE modelleket a gyakorlati elemzésekben. Ebben a kutatási programban fontos szerepe van annak, hogy megtaláljuk, mi az ármerevségek modellezésének legalkalmasabb módja egy ágensalapú makromodellben. Azonban ez már a jövő kutatásainak tárgyát fogja képezni.

IRODALOMJEGYZÉK

1. Arifovic, Jasmina (2001): Evolutionary Dynamics of Currency Substitution. *Journal of Economic Dynamics & Control*, Vol. 25. pp. 395-417.
2. Barro, Robert J. (1972): A Theory of Monopolistic Price Adjustment. *The Review of Economic Studies*, Vol. 39. No. 1. pp. 17-26.
3. Bessenyei István (2007): A makroökonómia és makrogazdasági politika újabb elméletei. Pécs: PTE KTK.
4. Bills, Mark – Klenow, Peter J. (2004): Some Evidence on the Importance of Sticky Prices. *Journal of Political Economy*, Vol. 112. No. 5. pp. 947-985.
5. Blanchard, Olivier J. – Kiyotaki, Nobuhiro (1987): Monopolistic Competition and the Effects of Aggregate Demand. *The American Economic Review*, Vol. 77. No. 4. pp. 647-666.
6. Calvo, Guillermo A. (1983): Staggered Prices in a Utility-Maximizing Framework. *Journal of Monetary Economics*, Vol. 12. pp. 383-398.
7. Chan, Christopher K. – Steiglitz, Ken (2008): An Agent-Based Model of a Minimal Economy. Working Paper, Department of Computer Science, Princeton University, Princeton, NJ.
8. Chari, V. V. – Kehoe, Patrick J. – McGrattan, Ellen R. (2009): New Keynesian Models: Not Yet Useful for Policy Analysis. *American Economic Journal: Macroeconomics*, Vol. 1. No. 1. pp. 242-266.
9. Christiano, Lawrence J. – Eichenbaum, Martin – Evans, Charles L. (2005): Nominal Rigidities and the Dynamic Effects of a Shock to Monetary Policy. *Journal of Political Economy*, Vol. 113. No. 1. pp. 1-45.
10. Colander, David – Howitt, Peter – Kirman, Alan – Leijonhufvud, Axel – Mehrling, Perry (2008): Beyond DSGE Models: Toward an Empirically Based Macroeconomics. *The American Economic Review*, Vol. 98. No. 2. pp. 236-240.
11. Dawid, Herbert – Gemkow, Simon – Harting, Philipp – van der Hoog, Sander – Neugart, Michael (2012): The Eurace@Unibi Model: An Agent-Based Macroeconomic Model for Economic Policy Analysis. Working Paper, Universität Bielefeld.
12. De Grauwe, Paul (2010): The Scientific Foundation of Dynamic Stochastic General Equilibrium (DSGE) Models. *Public Choice*, Vol. 144. No. 3-4. pp. 413-443.

13. Deissenberg, Christophe – van der Hoog, Sander – Dawid, Herbert (2008): EURACE: A Massively Parallel Agent-Based Model of the European Economy. *Applied Mathematics and Computation*, Vol. 204. pp. 541-552.
14. Dixit, Avinash K. – Stiglitz, Joseph E. (1977): Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity. *The American Economic Review*, Vol. 67. No. 3. pp. 297-308.
15. Dosi, Giovanni (2012): Economic Coordination and Dynamics: Some Elements of an Alternative „Evolutionary” Paradigm. LEM Working Paper Series, No. 2012/08.
16. Dosi, Giovanni – Fagiolo, Giorgio – Roventini, Andrea (2008): The Microfoundations of Business Cycles: An Evolutionary, Multi-Agent Model. *Journal of Evolutionary Economics*, Vol. 18. pp. 413-432.
17. Dosi, Giovanni – Fagiolo, Giorgio – Roventini, Andrea (2010): Schumpeter Meeting Keynes: A Policy-Friendly Model of Endogenous Growth and Business Cycles. *Journal of Economic Dynamics & Control*, Vol. 34. pp. 1748-1767.
18. Dosi, Giovanni – Fagiolo, Giorgio – Napoletano, Mauro – Roventini, Andrea (2013): Income Distribution, Credit and Fiscal Policies in an Agent-Based Keynesian Model. *Journal of Economic Dynamics & Control*, Vol. 37. pp. 1598-1625.
19. Erdős Pál – Rényi Alfréd (1959): On Random Graphs. *Publicationes Mathematicae Debrecen*, Vol. 6. pp. 290-297.
20. Fagiolo, Giorgio – Dosi, Giovanni (2003): Exploitation, Exploration and Innovation in a Model of Endogenous Growth with Locally Interacting Agents. *Structural Change and Economic Dynamics*, Vol. 14. pp. 237-273.
21. Fagiolo, Giorgio – Dosi, Giovanni – Gabriele, Roberto (2004): Matching, Bargaining and Wage Setting in an Evolutionary Model of Labor Market and Output Dynamics. *Advances in Complex Systems*, Vol. 7. No. 2. pp. 157-186.
22. Fagiolo, Giorgio – Roventini, Andrea (2012): Macroeconomic Policy in DSGE and Agent-Based Models. In: Gaffard, Jean-Luc – Napoletano, Mauro (eds.): *Agent-Based Models and Economic Policy*. Paris: Revue de l'OFCE, pp. 67-116.
23. Fischer, Stanley (1977): Long-Term Contracts, Rational Expectations and the Optimal Money Supply Rule. *Journal of Political Economy*, Vol. 85. No. 1. pp. 191-205.
24. Gaffeo, Edoardo – Gallegati, Mauro – Gostoli, Umberto (2012): An Agent-Based „Proof of Principle” for Walrasian Macroeconomic Theory. CEEL Working Paper 2-12.

25. Galí, Jordi (2008): Monetary Policy, Inflation and the Business Cycle: An Introduction to the New Keynesian Framework. Princeton: Princeton University Press.
26. Hau Orsolya – Mellár Tamás – Sebestyén Tamás (2013): Láthatóvá tehető-e a láthatatlan kéz? – Egy ágensalapú piaci modell tapasztalatai. Közgazdasági Szemle, 60. évf. 992-1024. o.
27. Heijdra, Ben J. – van der Ploeg, Frederick (2002): The Foundations of Modern Macroeconomics. New York: Oxford University Press.
28. Heshmati, Almas – Lenz-Cesar, Flávio (2013): Agent-Based Simulation of Cooperative Innovation in R&D. Research Evaluation, Vol. 22. No. 1. pp. 15-29.
29. Jakab M. Zoltán (2012): A makromodellek empirikus teljesítményéről. Letöltve: Eltecon Blog, http://m.cdn.blog.hu/el/eltecon/file/makrovita2012/JakabMZoltan_makrovita2.pdf 2014. március 7.
30. Krugman, Paul R. (2009): How Did Economists Get It So Wrong? Letöltve: The New York Times Magazine, <http://www.nytimes.com/2009/09/06/magazine/06Economic-t.html?pagewanted=all&r=0> 2014. március 7.
31. Kydland, Finn E. – Prescott, Edward C. (1982): Time to Build and Aggregate Fluctuations. Econometrica, Vol. 50. No. 6. pp. 1345-1370.
32. Leijonhufvud, Axel (2006): Agent-Based Macro. In: Tesfatsion, Leigh – Judd, Kenneth L. (eds.): Handbook of Computational Economics, Volume 2: Agent-Based Computational Economics. Handbooks in Economics Series, North-Holland, pp. 1625-1637.
33. Lengnick, Matthias (2013): Agent-Based Macroeconomics: A Baseline Model. Journal of Economic Behavior & Organization, Vol. 86. pp. 102-120.
34. Lucas, Robert E. (1976): Econometric Policy Evaluation: A Critique. Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy, Vol 1. pp. 19-46.
35. Mankiw, N. Gregory (1985): Small Menu Costs and Large Business Cycles: A Macroeconomic Model of Monopoly. The Quarterly Journal of Economics, Vol. 100. No. 2. pp. 529-538.
36. Mellár Tamás (2008): Gazdaságpolitika makroszemléletben. Pécs: PTE KTK.
37. Mellár Tamás (2010): Válaszút előtt a makroökonómia? Közgazdasági Szemle, 57. évf. 591-611. o.
38. Midrigan, Virgiliu (2006): Menu Costs, Multi-Product Firms and Aggregate Fluctuations. CFS Working Paper, No. 2007/13.

39. Nakamura, Emi – Steinsson, Jón (2008): Five Facts About Prices: A Reevaluation of Menu Cost Models. *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 123 No. 4. pp. 1415-1464.
40. Neugart, Michael (2008): Labor Market Policy Evaluation with ACE. *Journal of Economic Behavior & Organization*, Vol. 67. No. 2. pp. 418-430.
41. Oeffner, Marc (2008): Agent-Based Keynesian Macroeconomics – An Evolutionary Model Embedded in an Agent-Based Computer Simulation. Inaugural Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde der Wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät der Bayerischen Julius-Maximilians-Universität Würzburg.
42. Phelps, Edmund S. – Taylor, John B. (1977): Stabilizing Powers of Monetary Policy under Rational Expectations. *Journal of Political Economy*, Vol. 85. No. 1. pp. 163-190.
43. Ramanathan, Ramu (2003): Bevezetés az ökonometriába alkalmazásokkal. Budapest: Panem Könyvkiadó.
44. Rotemberg, Julio J. (1982): Monopolistic Price Adjustment and Aggregate Output. *The Review of Economic Studies*, Vol. 49. No. 4. pp. 517-531.
45. Smets, Frank – Wouters, Raf (2003): An Estimated Dynamic Stochastic General Equilibrium Model of the Euro Area. *Journal of the European Economic Association*, Vol. 1. No. 5. pp. 1123-1175.
46. Somogyi Róbert – Vincze János (2011): Price Rigidity and Strategic Uncertainty. *International Journal of Agent Technologies and Systems*, Vol. 3. No. 4. pp. 57-69.
47. Stiglitz, Joseph E. – Gallegati, Mauro (2011): Heterogeneous Interacting Agent Models for Understanding Monetary Economics. *Eastern Economic Journal*, Vol. 37. pp. 6-12.
48. Taylor, John B. (1979): Staggered Wage Setting in a Macro Model. *The American Economic Review*, Vol. 69. No. 2. pp. 108-113.
49. Taylor, John B. (1980): Aggregate Dynamics and Staggered Contracts. *Journal of Political Economy*, Vol. 88. No. 1. pp. 1-23.
50. Tesfatsion, Leigh (2006): Agent-Based Computational Economics: A Constructive Approach to Economic Theory. In: Tesfatsion, Leigh – Judd, Kenneth L. (eds.): *Handbook of Computational Economics, Volume 2: Agent-Based Computational Economics*. Handbooks in Economics Series, North-Holland, pp. 831-880.
51. Világi Balázs (2012): A főáramhoz tartozó dinamikus makroökonómiai modellek empirikus értékelése. Letöltve: Eltecon Blog,

http://m.cdn.blog.hu/el/eltecon/file/makrovita2012/VilagiBalazs_makro_vita2_empirikus.pdf 2014. március 7.

52. Westerhoff, Frank (2010): A Simple Agent-Based Financial Market Model: Direct Interactions and Comparisons of Trading Profits. In: Bischi, Gian Italo – Chiarella, Carl – Gardini, Laura (eds.): Nonlinear Dynamics in Economics, Finance and Social Sciences. Berlin – Heidelberg: Springer-Verlag, pp. 313-332.