

VÁRY MIKLÓS

Piaci alkalmazkodás ragadós árak mellett – Calvo-típusú ármerevség egy ágensalapú modellben

A tanulmányban ármerevséget vezetünk be egy ágensalapú piaci modellbe a Calvo-féle megoldáshoz hasonló módon. Amellett érvelünk, hogy az árak merevségének DSGE modellekben leírt következményei (átváltás az ár és a termelés ingadozása között, illetve az átlagos értékek változatlansága az ármerevség függvényében) csak a modellek sajátos feltevéseiből következnek. Megmutatjuk, hogy egy ágensalapú modellben más hatások mutathatók ki: pozitív kapcsolat van az ár és a termelés ingadozása között az ármerevség függvényében, ami egy fordított U alakú összefüggés szerint hat a változók ingadozására. A rugalmasabb árak nagyobb átlagos kibocsátáshoz is vezetnek. A vállalatok ármerevségbeli heterogenitásának nincs hatása a változókra. Ha a vállalatok nagyobb súllyal veszik figyelembe a versenytársak árait az árdöntés során, akkor rugalmas árak mellett csökken, ragadós árak mellett nő az ár és a termelés ingadozása. A vállalatok közötti ismertségi hálózat sűrűségének növekedése rugalmas árak esetén csökkenti a változók ingadozását, ragadós árak mellett nem hat rájuk. Journal of Economic Literature (JEL) kód: B59, D01, D21, D49, E12, L11.

Az újkeynesi elmélet térnyerésével az árak merevsége és következményei a makroökonómia központi témái közé kerültek. A főáramú közgazdaságtan zászlóshajójának számító dinamikus, sztochasztikus, általános egyensúlyi modellek (DSGE modellek) gyakorlati alkalmazását éppen az tette lehetővé, hogy a gazdasági ciklusok újklasszikus elvekre épülő reálmodelljébe (*real business cycle*, *RBC*) újkeynesi elemként bevezették a monopolisztikus verseny mellett az ármerevséget. Ha az árak nem tökéletesen rugalmasak, akkor van tere a monetáris politikai beavatkozásnak, mert a gazdasági szereplők nem tudnak pusztán az árak változtatásával alkalmazkodni hozzá, szükség van némi mennyiségi alkalmazkodásra is. Bár hosszú távon

* Köszönetet mondok értékes tanácsaiért témavezetőmnek, *Mellár Tamásnak*. Őt, *Hau Orsolyát* és *Sebestyén Tamást* köszönet illeti modelljük programkódjainak rendelkezésemre bocsátásáért, továbbá *Barancsik Jánost*, *Longauer Dórárt*, *Németh Kristófot* és egy anonim lektort a tanulmány korábbi változataihoz fűzött értékes megjegyzéseikért. Az esetlegesen fennmaradó hibákért a felelősség természetesen kizárólag a szerzőt terheli. Végül köszönöm a Pallas Athéné Domus Scientiae Alapítvány szakmai és anyagi támogatását.

Váry Miklós PhD-hallgató, PTE Közgazdaságtudományi Kar Regionális Politika és Gazdaságtan Doktori Iskola (e-mail: varym@tk.pte.hu).

ilyenkor is fennáll a dichotómia a reál- és a monetáris szféra között, rövid távon a monetáris politika képes lehet befolyásolni a kibocsátás alakulását.

Az ármerevség megjelenítésének legelterjedtebb módja a DSGE modellekben a Calvo-árazás (Calvo [1983]). Ez az árazási mechanizmus azt feltételezi, hogy a modell paramétereként előre megadjuk az ármerevség mértékét. Ha egy DSGE modellben rugalmasabb árakat feltételezünk, akkor az árszínvonal jobban ingadozik, a kibocsátás pedig kevésbé, mert a sokkhoz 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, így a változók átlagos értékei sem.

A DSGE modellek azonban számos olyan heroikus feltevésével élnek a gazdaság működésével kapcsolatban, amely következtében az árak merevségének a valóságtól eltérő következményei jelentkezhetnek a modellben. Ezek közül ki kell emelnünk a reprezentatív vállalat, a tökéletes informáltság, a tökéletes racionalitás és a piaci egyensúly feltevéseit. Egy viszonylag új irányzat, az ágensalapú modellezés lehetővé teszi, hogy ezeket a feltevéseket realiztikusabbakra cseréljük. A modell alapjainak ilyen jelentős módosítása joggal veti fel a gyanút, hogy az ármerevség következményei is megváltoznának. Ezért a tanulmányban egy ágensalapú szimulációs modell keretei között fogjuk elemezni a nem tökéletes áralkalmazkodás hatásait.

A tanulmány a következőképpen épül fel. Először áttekintjük a főáramú közgazdaságtan nézeteit az árak merevségéről, különösképpen a Calvo-árazásról, valamint részletesebben is kifejtjük, miért számítunk arra, hogy a Calvo-típusú szakaszos ármeghatározás következményei megváltoznak egy ágensalapú modell realisabb feltevései mellett. Ezt követően bemutatjuk az ágensalapú modellezés jellegzetességeit, ismertetjük a vizsgálataink keretét szolgáló ágensalapú piaci modellt, bevezetjük a modellbe a Calvo-típusú ármerevséget, és szimulációs vizsgálatok segítségével elemezzük az árak merevségének hatásait. Ezután néhány olyan elemzést is elvégezzünk a témánkkal összefüggésben, amelyekre egy DSGE modell keretei között nem lenne mód. Végül összegezzük az eredményeket.

A modell építőkövei

Az árak merevségének újkeynesi elméletei és a Calvo-árazás¹

Az újkeynesi makroökonómia egyik központi témája a nem tökéletes áralkalmazkodás modellezése. A kérdéskör azért fontos, mert ennek segítségével hatásos választ tudtak adni az újkeynesi közgazdászok a keynesi közgazdaságtant ért újklasszikus kritikákra (Lucas [1976]), hiszen megmutatták, hogy ármerevség jelenlétében még racionális várakozások mellett is lehet számottevő reálhatásuk az anticipált

¹ Az ármerevség újkeynesi elméleteiről jó áttekintést ad Heijdra-van der Ploeg [2002] könyve. A predeterminált árak modellje magyar nyelven megtalálható Bessenyei [2007] kötetében, Taylor bérkontraktusmodellje Mellár [2008] könyvében, a modern, főáramú makroökonómia elmélettörténetének összefoglalása és kritikája pedig Mellár [2010] tanulmányában.

gazdaságpolitikai beavatkozásoknak (lásd például a predeterminált árak modellje – *Phelps–Taylor* [1977]).

Többféle modellt is kidolgoztak az újkeynesi közgazdászok, amelyek magyarázatot adnak az ármerevség okaira és következményeire a gazdaságban. A szakirodalomban található megoldásokat 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 költség–haszon elemzés alapján, hogy megváltoztatják-e a termékük árát, és ha igen, milyen mértékben. Ide sorolható a menüköltségek elmélete (*Barro* [1972], *Mankiw* [1985], *Blanchard–Kiyotaki* [1987]) és a Rotemberg-árazás (*Rotemberg* [1982]).

Az *időfüggő* modellekben nem a vállalatok döntenek el, hogy változtatnak-e árat, hanem az előző árváltoztatás óta eltelt időtől függően lehet erre lehetőségük. Tehát az árváltoztatás időpontja exogén. Ide sorolhatók például a bérkontraktusmodellek (*Fischer* [1977], *Taylor* [1979], [1980]) és a predeterminált árak modellje (*Phelps–Taylor* [1977]).

A Calvo-árazás (*Calvo* [1983]) az időfüggő modellek egy speciális esete, ahol az árváltoztatás időpontja exogén, és két árváltoztatás között eltelt idő hossza véletlenszerű. Az említett modellekkel szemben a Calvo-árazás nem kíván magyarázatot adni arra, hogy miért ragadósak az árak. Az ármerevség kialakulásában sokféle tényező szerepet játszhat (az árváltoztatás költséges volta, több időszakra előre megkötött szállítási és munkaszerződések stb.), azonban a következmények szempontjából csupán az a fontos, hogy a vállalatok szakaszosan, szabálytalan időközönként változtatnak a termékük árán. Ezt a tapasztalati megfigyelést jól visszaadja egy olyan modell, amelyben definiálunk egy úgynevezett Calvo-paramétert, amely megmutatja, mekkora a valószínűsége annak, hogy egy adott vállalat egy adott időszakban árat változtat. 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.

Az újklasszikusok elfogadták az újkeynesi közgazdászok nézeteit az árak merevségéről, ami megteremtette a két iskola közötti kiegyezés, az új neoklasszikus szintézis alapját. Ennek lényege, hogy rövid távon az ármerevség miatt nem tökéletes az egyensúlyi alkalmazkodás, ezért van tere az állami beavatkozásnak, azonban hosszú távon az árak rugalmasak, így a piaci erők a potenciális pálya környékén tartják a gazdaságot. Az új neoklasszikus szintézis zászlóshajójának a dinamikus, sztochasztikus, általános egyensúlyi modellek (DSGE modellek) számítanak, amelyeket a gyakorlati elemzésekben is elterjedten használnak.

A Calvo-árazás kitüntetett jelentőségét az adja, hogy ez vált az árak merevségének legelterjedtebb modellezési megoldásává a DSGE modellekben (*Smets–Wouters* [2003], *Christiano és szerzőtársai* [2005], *Galí* [2008]). Ezekben a reprezentatív vállalat dinamikus optimalizálással határozza meg az ár és a termelés profitmaximalizáló

értékeit. Az eredményül kapott optimumkritériumból levezethető az újkeynesi Phillips-görbe, amely szerint az adott időszakos infláció a jövőre várt infláció és a kibocsátási rés pozitív függvénye. A kibocsátási rés együtthatóját többek között a Calvo-paraméter is meghatározza. Minél merevebbek az árak (minél kisebb a Calvo-paraméter), annál kisebb mértékben hat a kibocsátási rés megváltozása az inflációra, annál laposabb a Phillips-görbe a kibocsátási rés és az infláció koordináta-rendszerében. Ez azt jelenti, hogy merevebb árak esetén egy 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 következménnyel jár egy DSGE modellben:

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

Tehát átváltás (*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.

A Calvo-árazás főáramú felfogásának kritikája

Miután áttekintettük, hogyan vélekedik a főáramú közgazdaságtan az árak merevségéről és következményeiről, felmerülhet bennünk a kétely, hogy vajon a DSGE modellek alapján levont következtetések nem csupán a főáramú közgazdaságtan specifikus feltevései miatt álltak-e elő. Ha kicserélnénk a DSGE modellek heroikus feltételezéseit realisabbakra, vajon akkor is olyan következményei lennének a Calvo-árazásnak, amelyeket az előzőekben ismertettünk?

A Calvo-árazást számos kritika érte az utóbbi években. *De Grauwe* [2010] és *Midrigan* [2006] azt kifogásolják, hogy a Calvo-árazás logikailag nem illeszkedik a DSGE modellekbe, hiszen mikroökonómiailag nem megalapozott, mert nem a vállalatok döntenek el, hogy mikor változtassanak a termékük árán. *Chari és szerzőtársai* [2009] szerint empirikusan nem megalapozott az a DSGE modellekben elterjedt gyakorlat, hogy az árat nem változtató vállalatok is korrigálhatják – az előző periódus inflációjának megfelelő mértékben – termékük árát azért, hogy a szimulált infláció az empirikusnak megfelelő perzisztenciát mutasson. A valóságban 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 jobb oldali aszimmetriát mutat (*Bils–Klenow* [2004], *Nakamura–Steinsson* [2008]). Felmerül a kérdés, hogy ilyen körülmények között van-e egyáltalán értelme egy minden vállalatra egyformán érvényes átlagos árváltoztatási gyakoriság megadásának.

Bár a fenti kritikákat jogosnak tartjuk, ebben a tanulmányban nem célunk a Calvo-árazás létjogosultságának megkérdőjelezése. Tegyük fel, elfogadjuk, hogy a Calvo-féle áralkalmazkodás képes visszaadni azt a tapasztalati tényt, hogy a

vállalatok szakaszosan, szabálytalan időközönként változtatnak árat. Ehelyett inkább a Calvo-típusú ármerevség következményeire koncentrálnunk, és megmutatjuk, hogy az ármerevség mértékének változása nem feltétlenül azokra a következtetésekre vezet az árszínvonal és az aggregált kibocsátás átlaga és ingadozása tekintetében, amelyek egy DSGE modellből következnek. Ennek belátáshoz induljunk ki abból, mi teszi lehetővé egy DSGE modellben, hogy annak ellenére megmaradjunk a reprezentatív vállalat feltevésénél, 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 ha a vállalatok heterogének, ez a feltevés nem tartható. Ha azonban a vállalatok nem tökéletesen racionálisak és nem tökéletesen informáltak, tehát nem optimalizálnak, hanem például valamilyen hüvelykujjszabály alapján határozzák meg az érvényesíteni kívánt árat, akkor még homogén vállalatok esetén is eltérnek az egyes vállalatok által kívánatosnak tartott árak. A vállalatonként eltérő indulóárak miatt ugyanis a cégek eltérő nagyságú kereslettel szembesülnek, és nem irreális azt feltételezni, 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 felvéseit 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-féle szakaszos ármeghatározás 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.

Érdemes végiggondolni azt is, hogy mi áll a DSGE modellek azon következtetése mögött, hogy az ármerevség függvényében átváltás figyelhető meg az ár és a mennyiség ingadozása között. 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 szabják meg az árat, hogy az ameltt megnyilvánuló 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 a növekvő kereslethez igazítja a termelést. Tehát nagyobb fokú ármerevség esetén a sokkok inkább a mennyiség, mint az ár ingadozásában csapódnak le.

Amennyiben viszont kivesszük a modellből a keresleti függvény ismeretének és a piaci egyensúlynak a feltevését, akkor a keresett és a kínált mennyiség egymástól függetlenül alakul ki. Ekkor egy pozitív keresleti sokk esetén nem biztos, hogy az árat nem változtató vállalat növelni fogja a termelését, hiszen az nem igazodik automatikusan a keresett mennyiséghez. Természetesen 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 megemlítenünk, hogy egy DSGE modellben a ragadós árak nem okoznak valódi versenyhátrányt a vállalatok számára. Igaz, hogy az árat megtartó vállalatok átmenetileg hátrányba kerülnek a versenytársaikkal szemben, mert nem tudnak profitmaximalizáló árat szabni, de pontosan tudják, hogy ez nem fog örökké tartani, és amint lehetőségük lesz az árváltoztatásra – megszüntetve a hátrányt –, azonnal az optimális árat határozzák meg. Az árváltoztató vállalatok előnye pedig szintén átmeneti, amivel minden vállalat tisztában van, ezért az átmenetileg fennálló hátrányos helyzetek nem készítetik arra a vállalatokat, hogy változtassanak a viselkedésükön.

Ha viszont a vállalatok nem ilyen jól informáltak a gazdaság működéséről, és nem tökéletesen racionálisak, akkor nem biztos, hogy az ármerevség miatti versenyhátrány nem készíteti a vállalatokat viselkedésük megváltoztatására. Tegyük fel, hogy a vállalat a korábbi időszak profitabilitása alapján a kínálatáról oly módon dönt, hogy nyereség esetén növeli a kínált mennyiséget, veszteség esetén csökkenti. Ha ilyenkor egy vállalat túl magas árszinten ragad meg, akkor elveszti vevőit, és a felhalmozódó készletek többletköltségeket rónak rá. 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 készíteti a vállalatot. Tehát a DSGE modellekkel ellentétben nem állíthatjuk azt, hogy az árak merevsége által előidézett átmeneti versenyhátrány ne befolyásolná a vállalatok viselkedését.

A leírtak mind azt sejtetik, hogy egy, a DSGE modelleknél életszerűbb feltevésen nyugvó modellben más hatásai lehetnek a nem tökéletes áralkalmazkodásnak. Ahhoz, hogy ezt kiderítsük, 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.

Az ágensalapú modellezés sajátosságai

A 2008-as gazdasági válság kirobbanása után számos közgazdász éles kritikákkal illetve a DSGE modelleket (*Krugman* [2009], *Mellár* [2010], *Világi* [2012], *Jakab* [2012]). Ezekre a kritikákra jelenthet egy lehetséges választ az ágensalapú modellezés.

Az ágensalapú közgazdaságtan a komplex, evolúciós rendszerekként felfogott gazdaságok szimulációs vizsgálata (*Fagiolo–Roventini* [2012]). 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. Ha ágensalapon modellezünk egy gazdaságot, akkor közvetlenül csak az ágensek viselkedését és a közöttük végbemenő interakciókat modellezzük, a makroszintű jelenségek ebből alakulnak ki úgynevezett emergens jelenségekként (*Tesfatsion* [2006]).

A 2008-as válság kirobbanása után tömegesen kezdtek megjelenni olyan tanulmányok, amelyek a DSGE modellek gyenge pontjait kritizálták, kifejtve, hogy miként nyújthatnak megoldást ezekre a problémákra az ágensalapú modellek (*Leijonhufvud* [2006], *Colander és szerzőtársai* [2008], *Stiglitz–Gallegati* [2011], *Dosi* [2012], *Fagiolo–Roventini* [2012]). A következőkben összefoglaljuk, hogy a hivatkozott tanulmányok szerint az ágensalapú modelleknek melyek azok az előnyös vonásai, amelyek képesek lehetnek orvosolni a DSGE modellek gyengeségeit. Sorolhatnánk még további előnyöket is, itt csak azokra koncentrálunk, amelyek egyrészt a legfontosabbak, másrészt a következőkben 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 közöttük megfigyelhető kapcsolatok és interakciók kifinomult modellezését.

2. *Heterogén gazdasági szereplők*: a gazdasági szereplők minden paraméterük szempontjából különbözhetnek.

3. *Tökéletlen informáltság*: a gazdasági szereplők nincsenek minden olyan információ birtokában, amit a gazdaságról tudni lehet, nincsenek tisztában a gazdaság mögött meghúzódó modell struktúrájával. (Ezért racionális várakozásokat sem tudnak kialakítani.)

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 hüvelykujjszabályok alapján döntenek, amelyek összhangban állnak a haszonmaximalizáló céljaikkal.

5. *Nem egyensúlyi tranzakciók lehetősége*: nem feltételezzük előre, hogy minden piac automatikusan egyensúlyba kerül. 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 között is végbemennek egy, a walrasi árverezónél realisabb 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, amelyek miatt endogén módon, külső sokkok nélkül is kialakulhatnak válságok a gazdaságban.

Ezen alapelvek szerint a közgazdaságtan számos területén alkalmazták az ágensalapú modelleket. Az első közgazdasági alkalmazások specifikus piacokat és

gazdasági jelenségeket modelleztek ágensalapon. Így születtek meg például a pénzügyi piacok (*Arifovic* [2001], *Westerhoff* [2010]), a munkaerőpiac (*Fagiolo és szerzőtársai* [2004], *Neugart* [2008]) és az innováció (*Fagiolo–Dosi* [2003], *Heshmati–Lenz–Cesar* [2013]) ágensalapú modelljei. A válság kapcsán kezdtek nagy számban megjelenni az általánosabb értelemben vett piaci modellek (*Tesfatsion* [2006], *Gaffeo és szerzőtársai* [2012], *Hau és szerzőtársai* [2013]) és az ágensalapú makromodellek (*Chan–Steiglitz* [2008], *Dosi és szerzőtársai* [2008], [2010], [2013], *Oeffner* [2008]). Ezek egyelőre főként elméleti orientáltságúak, bár vannak kísérletek gyakorlati alkalmazásokra is – például az Európai Unió gazdaságára fejlesztett EURACE ágensalapú makromodell esetében (*Deissenberg és szerzőtársai* [2008], *Dawid és szerzőtársai* [2012]). A széles körű gyakorlati alkalmazásoknak azonban egyelőre gátat szab, hogy a paraméterek nagy száma és a modellek komplexitása miatt nehéz valós gazdaságokra kalibrálni őket.

Témánk szempontjából három modellt érdemes külön kiemelni. Az egyik *Hau és szerzőtársai* [2013] piaci modellje, amely a következőkben bemutatandó modell alapjául szolgál. A szerzők többek között megvizsgálták a mennyiségi és áralkalmazkodás arányában beálló változások hatásait is, és azt figyelték meg, hogy egy háztartás és egy vállalat esetén még érvényesül a megszokott átváltás: az ármerevség csökkenésével az ár ingadozása nő, a mennyisége csökken. Több szereplő esetén viszont nincs érdemi összefüggés az ár és a mennyiség ingadozása között az ármerevség mértékének függvényében. Ugyanakkor a változók átlagával, egyensúlyi értékeivel és azok stabilitásával kapcsolatban nem tapasztaltak semmiféle hatást. Fontos, hogy a szerzők nem a Calvo-féle módon modellezték az ármerevséget, hanem úgy növelték az árak rugalmasságát, hogy az áralkalmazkodás erősségét mérő paramétert növelték, míg a mennyiségi alkalmazkodás erősségét mérő paramétert csökkentették.² Tehát valószínű, hogy a Calvo-típusú ármerevség bevezetésével más eredményekre jutnánk.

A második megemlíthető munka *Somogyi–Vincze* [2011] ágensalapú piaci modellje, amely az árak merevségének vizsgálatára készült, azonban a szerzők nem a Calvo-féle módon ragadták meg a nem tökéletes áralkalmazkodást. Modelljükben a vállalatok döntései által endogén módon dől el, hogy történik-e árváltoztatás egy adott időszakban, az ármerevség okaként pedig a szerzők a stratégiai bizonytalanságot jelölik meg, amivel a vállalatok szembesülnek a döntéshozatal során. Nagyobb bizonytalanság esetén kisebb valószínűséggel változtatnak árat, mert nem tudják, mi lenne a helyes döntés.

Harmadikként pedig *Lengnick* [2013] makromodelljét kell kiemelnünk, amely egy Calvo-féle ármerevséget tartalmazó ágensalapú modell. Ebben 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. Ennél bővebb elemzést nem végez a témában a szerző, hiszen a modell nem kifejezetten erre a célra készült. Úgy gondoljuk, hogy specifikusan a Calvo-típusú ármerevség hatásait vizsgálva ennél átfogóbb elemzésre is lehetőség nyílik, ezt fogjuk megtenni a tanulmány hátralévő részében.

² Ezeknek a paramétereknek a szerepe a következő fejezetben világosan kiderül.

A Calvo-típusú ármerevség bevezetése egy ágensalapú piaci modellbe

A vizsgálatok keretében a *Hau és szerzőtársai* [2013] által felépített ágensalapú piaci modell szolgál. A modell részletes bemutatása és viselkedésének elemzése megtalálható a hivatkozott tanulmányban, itt csak a számunkra legfontosabb elemeket és a bevezetett módosításokat ismertetjük. Jellemző a modellre minden olyan tulajdonság és a főáramú modellektől eltérő feltevés, amelyet már 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 (1) átlagköltségfüggvény jellemzi:

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

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 átlagköltségfüggvény 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 nemcsak a teljes költség, hanem az átlagköltség is nő.

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

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

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 árvezető 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 határoznak a kínálatról és az árról.

A j -edik vállalat a t -edik periódusbeli kínált mennyiségéről a (3) szabály alapján dönt:

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

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 viszont érdemes kisebb termék-mennyiséget 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.

A j -edik vállalat a t -edik periódusra szabott árról az (5) szabály alapján dönt:

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

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 minőségromlás nélkül korlátlan ideig raktározhatók.

Az (5) egyenlet azt mondja ki, hogy ha a j -edik vállalat készletei a biztonsági szint alá csökkennek, akkor ebből arra következtet, hogy nagyobb volt a kereslet a terméke iránt, mint a kínálat, ezért növeli az árat a kereslet visszafogása érdekében. Ha viszont a készletmennyiség a biztonsági szint felett maradt, akkor arra következtet, hogy nagyobb volt a kínálat, mint a kereslet, ezért csökkenti az árat, hogy több vevőt vonzzon.

A következő fejezet végén (Calvo-típusú ármerevség a versenytársak árainak figyelembevételével, Hálózati hatások és a Calvo-típusú ármerevség című alfejezetekben) egy olyan esetet vizsgálunk meg, amikor a vállalatok azt is figyelembe veszik az árdöntésük során, 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-típusú ármerevséget. Az (5) egyenlet értelmezésénél kiemeltük, hogy „ $\bar{p}_{j,t}$ a j -edik vállalat által a t -edik periódusra érvényesített ár *tökéletesen rugalmas árak esetén*”. Ha viszont beépítjük a modellbe a Calvo-féle szakaszos ármeghatározást, 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 minden vállalat esetében végbemegy egy sorsolás, amely eldönti, hogy az adott vállalat változtathat-e árat az adott periódusban.

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

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

Tehát a (6) összefüggés kimondja, hogy a j -edik vállalat az (5) egyenletnek megfelelően³ változtat árat, ha erre lehetősége van, és megtartja az előző periódusban szabott árat, ha nincs lehetősége árat változtatni.

Fel kell hívnunk a figyelmet arra, hogy az általunk modellezett Calvo-típusú ármerevség nem teljesen azonos a DSGE modellekben alkalmazott Calvo-árazással, ezért már a tanulmány címében is kerültük a Calvo-árazás kifejezést. A DSGE modellekben a Calvo-árazás fontos velejárója, hogy a reprezentatív vállalat a dinamikus profitmaximalizáló döntése során számol azzal, hogy az elkövetkező időszakokban nem feltétlenül változtathat majd árat, és ez módosítja azt az optimális árat, amit a termékének egyébként meghatározott volna. Most azonban nem vesszük ezt figyelembe, mert a korábbiakban leírtaknak megfelelően eléggé távol állnak az ágensalapú modellektől az ilyen, viszonylag nagyfokú racionalitást feltételező, előretekintő várakozások. Mindazonáltal azt gondoljuk, hogy a mi megoldásunk is alkalmas a nem tökéletes áralkalmazkodás modellezésére, ezért az árak merevségének az ágensalapú modellünkben tapasztalható következményei összevethetők a DSGE modellekben megszokottakkal.

³ 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.

Miután a vállalatok meghozták a döntéseiket, a háztartások egy keresési folyamatba kezdenek a keresletük kielégítése érdekében. Minden háztartás végigmegegy 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 megnyit kíván vásárolni. Ha ez a mennyiség legalább részben rendelkezésre áll a vállalatnál, akkor kiszáll a keresési folyamatból. Ha a választott vállalatnak nincs semmilyen készlete, akkor a háztartás folytatja a keresést a következő legolcsóbb vállalatnál. Mindez vagy addig folytatódik

- amíg nem talál olyan vállalatot, amelynél legalább valamennyi készlet rendelkezésre áll, és a vállalat által szabott ár mellett a háztartás kereslete pozitív, vagy
- amíg végigjárta az összes ismert vállalatot, de egyiknél sem volt készlet, vagy
- amíg végigjárta az összes ismert vállalatot, de mindegyik, még készlettel rendelkező vállalat 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 nagy valószínűséggel mindig ugyanazok a háztartások maradnának a végére kielégítetlen keresettel.

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

A *Hau és szerzőtársai* [2013] tanulmány megmutatta, hogy egyetlen vállalat és egyetlen háztartás esetén a modell egyensúlyának meghatározása és az egyensúlyi helyzet stabilitásvizsgálata analitikusan is elvégezhető. Szimulációs elemzéseink szerint a Calvo-típusú ármerevség 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 nem triviális még egy vállalat és egy háztartás esetén sem. Az összes lehetséges stabilitási tulajdonság elképzelhető a paraméterértékek függvényében, közöttük a stabil piaci egyensúly is.

Szimulációs elemzések a Calvo-típusú ármerevség hatásainak vizsgálatára

A szimulációk főbb jellemzői

Ebben a fejezetben arra használjuk az előzőkben bemutatott ágensalapú piaci modellt, hogy szimulációkat futtassunk vele az ármerevség hatásainak vizsgálatára. 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. Minden szimuláció során az 1. táblázat paraméterértékei érvényesek, ha ettől eltérünk, azt külön jelezzük. A Calvo-paraméter 0,5-es értékének egyedül akkor lesz jelentősége, 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.

1. táblázat

A szimulációk során használt paraméterértékek

Paraméter	Jelölés	Érték
Vállalatok száma	N	10
Háztartások száma	M	100
Keresleti függvény	$D_t(P_t)$	$D_t(P_t) = 4 - 0,1 \times P_t$
Átlagköltségfüggvény	$C_t(S_t)$	$C_t(S_t) = 5 + 2 \times S_t$
Árjelzés hatása a mennyiségre	α	0,5
Mennyiségi jelzés hatása az árra	β	0,5
Versenytársak árának 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.

A keresleti és az átlagköltségfüggvény kapcsán meg kell említenünk, hogy a paraméterek az *aggregált* keresleti és az *aggregált* átlagköltségfüggvényekre vonatkoznak. Ennek oka – ahogy azt *Hau és szerzőtársai* [2013] tanulmány megmutatta –, hogy amennyiben az egyéni keresleti és átlagköltségfüggvények paraméterértékeit tekintjük adottnak, és növeljük a szereplők számát, akkor pusztán emiatt megváltozhatnak a piaci egyensúly stabilitási tulajdonságai. Ennek kiszűrése érdekében az egyéni függvények helyett az aggregált függvények paraméterértékeit rögzítjük, és ehhez igazítjuk az egyéni függvények paraméterezését.

A gazdasági szereplőket alapesetben homogénnek tekintjük, de a heterogenitás oly módon megjelenhet a modellben – és az ármerevség szempontjából heterogén vállalatok esetében 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 középértékhez képest. Ebből a tartományból véletlenszerűen adjuk meg az egyedi vállalatok paraméterértékeit egy egyenletes eloszlás alapján. A többi paraméter esetén is ugyanezen a módon van lehetőség a heterogenitás figyelembevételére, azonban az egyszerűség kedvéért ettől eltekintünk, mert

a heterogenitás bekapcsolása nem módosított az ebben a fejezetben ismertetett szimulációs eredményeken.⁴

A szimulációkat Matlab segítségével végeztük el. Az itt 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. Kivétel ez alól a Calvo-paraméter, amit csak 0,1-től növeltünk 1-ig. A Calvo-paraméter tökéletes ármerevséget kifejező nulla értékét azért hagytuk figyelmen kívül, mert amellet 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 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 Calvo-típusú ármerevség 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 $[0, 1]$ zárt intervallumból egy egyenletes eloszlás alapján. Kivétel ez alól a Calvo-paraméter, amelynek értékeit a $[0,1, 1]$ zárt intervallumból származtattuk, mivel a 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. periódus adatai alapján kiszámítottuk a szükséges statisztikákat. Majd újra véletlenszerűen választottunk paraméterértékeket, és mindezt 200-szor megismételtük, amiből következően az elemzéseket 200 elemű minták alapján tudtuk elvégezni. A regressziós becsléseket GRETl szoftver segítségével hajtottuk végre.

A Calvo-típusú ármerevség hatásai

Elsőként azt vizsgáljuk, hogy milyen hatásokkal jár az ármerevség mértékének (vagyis a Calvo-paraméternek) a változtatása. A Calvo-árazás főáramú felfogásának kritikája című korábbi alfejezet gondolatmenetét alapul véve a következő hipotéziseket fogalmazzuk meg.

⁴ 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.

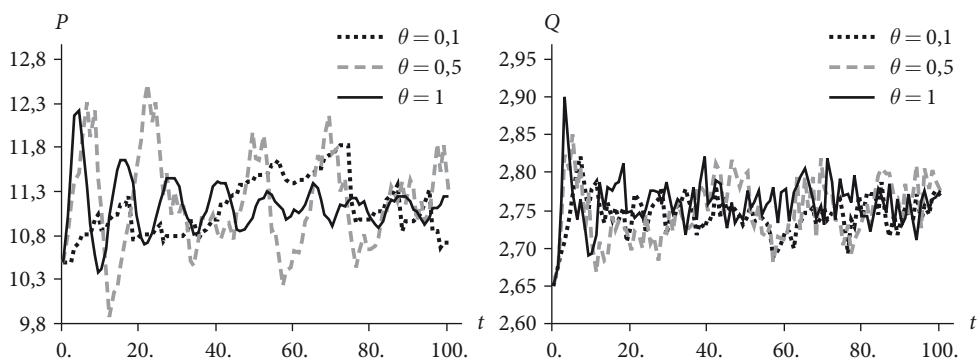
1. HIPOTÉZIS: a Calvo-paraméter nem befolyásolja az átlagos árszínvonalat.
2. HIPOTÉZIS: a Calvo-paraméter növekedésével az átlagos piaci össztermelés nő.
3. HIPOTÉZIS: nincsen átváltás az ár és a mennyiség ingadozása között a Calvo-paraméter függvényében.
4. HIPOTÉZIS: a Calvo-paraméter növekedésével az egyedi vállalati árak és termelt mennyiségek szóródása csökken.

A 2. HIPOTÉZIS mögött az a már kifejtett gondolatunk áll, hogy minden időszakban az árat nem változtató vállalatok versenyhátrányba kerülnek az árváltoztató versenytársikkal szemben. Ez valószínűleg veszteséges működést okoz, ami a kínált mennyiség visszafogására készíti a vállalatokat. Nagyobb fokú ármerevség esetén több vállalat kerül versenyhátrányba, ami kisebb átlagos kibocsátáshoz vezet. Az átlagos árszínvonal esetében nem valószínűsítünk ehhez hasonló hatást, ezért az 1. HIPOTÉZIS egybevág a DSGE modellek következtetéseivel. A 3. HIPOTÉZIST viszont a már korábban leírtakkal összhangban fogalmaztuk meg, és alapvetően a piaci egyensúly feltevésének hiánya, a keresett és a kínált mennyiség egymástól független kialakulása áll mögötte. A 4. HIPOTÉZIS hátterében az a sejtésünk áll, hogy ha sok vállalat változtat árat, akkor azok feltehetően 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.

Az 1. ábra azt szemlélteti, miként alakul az árszínvonal és az aggregált kibocsátás a Calvo-paraméter néhány kiragadott értéke mellett.

1. ábra

Az árszínvonal és az össztermelés alakulása különböző fokú ármerevség esetén (indulóértékek: $P_0 = 10,5$ és $Q_0 = 2,65$)



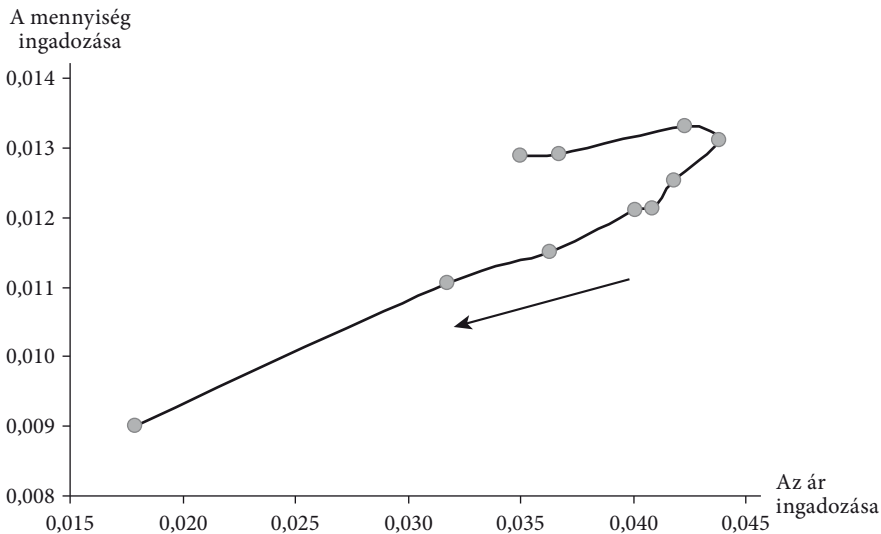
Elsőre feltűnhet: a piaci egyensúly nem stabil, de ez nem meglepő, hiszen a *Hau és szerzőtársai* [2013] tanulmány megmutatta, hogy a vállalatok közötti verseny már két vállalat esetén sem teszi lehetővé stabil egyensúly kialakulását. Tehát kijelenthetjük, hogy a Calvo-paraméter nem befolyásolja a piaci egyensúly stabilitási tulajdonságait. Fontos, hogy a változók ingadozásai endogének, nincs semmiféle exogén sokk, ami előidézne őket, hanem a vállalatok közötti versenyből és a piaci koordináció hibáiból fakadnak.

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

A 2. ábra az ár és a mennyiség ingadozását szemlélteti a Calvo-paraméter különböző (0,1-től 1-ig 0,1-es lépésközzel futtatott) értékei mellett. A változók ingadozását a relatív szórásukkal mérjük. A görbe alatti nyíl jelzi a haladás irányát a 0,1 értékű Calvo-paramétertől az 1 értékű Calvo-paraméterig.

2. ábra

Az árszínvonal és az össztermelés ingadozása különböző fokú ármerevség esetén



A 2. ábrán azt láthatjuk, 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 az 1. ábra alapján leszűrhető következtetést. A mennyiség ingadozásáról úgy tűnik, hogy azonos irányban változik az ár ingadozásával.

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

az áringadozás változásának nagyjából feleakkora mértékben kell megjelennie a mennyiség ingadozásának megváltozásában.

Egyértelmű tehát, hogy a 3. HIPOTÉZIST el kell fogadnunk: nincs átváltás az ár és a mennyiség ingadozása között a Calvo-paraméter függvényében. Ehelyett egy pozitív kapcsolat bontakozik ki, ami ráadásul nem monoton a Calvo-paraméter függvényében, hiszen a 0,4-es paraméterérték környékén megváltozik a kapcsolat iránya.

Azt kell még megmagyaráznunk a 2. *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 „áttevődik” a mennyiség ingadozásába is. Azt kell látnunk, hogy ahogy nő az árak rugalmassága (ahogy nő a Calvo-paraméter), két ellentétes hatás érvényesül. Az első viszonylag egyértelmű: kisebb ármerevségnél a vállalatok jobban képesek ármódosítással reagálni a kereslet változásaira, ami növeli az árszínvonal ingadozását. A másik hatás abból fakad, hogy az árak nagyobb rugalmassága esetén egyre kevesebb vállalat kerül versenyhátrányba a többivel szemben. Ha nagyon merevek az árak, viszonylag sok vállalat ragad meg számára kedvezőtlen árszinten, ami növeli a készletingadozásukat. Túlzottan alacsony ár esetén végletesen leépülnek a készletek, túlzottan magas ár esetén jelentősen felhalmozódnak. Ilyenkor a vállalat csak nagymértékű árváltoztatásokkal képes a kívánt szintre terelni a készleteit, ha lehetőséget kap rá. A Calvo-paraméter növekedésével egyre ritkábban kerülnek a vállalatok ilyen, nagy árváltoztatásokat kiváltó, hátrányos szituációkba, ami csökkenti az árszínvonal ingadozását.

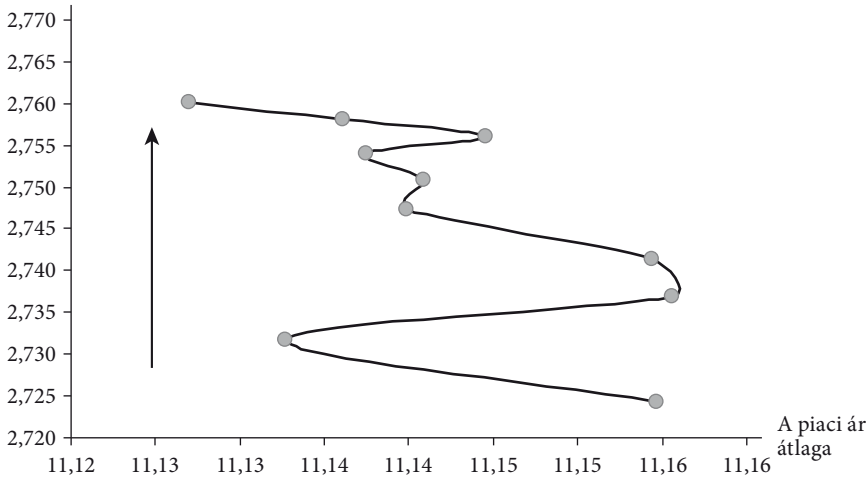
Világos, hogy a Calvo-paraméter alacsony értékeinél a második hatás gyenge, hiszen ha kevés vállalat változtat árat, akkor a nagy árváltoztatásoknak nincs nagy hatásuk az árszínvonalra. Ezért kezdetben a Calvo-paraméter növekedésével az első hatás az erősebb: a gyakoribb árváltoztatások növelik az árszínvonal ingadozását. Azonban 0,4 értékű Calvo-paraméter felett már viszonylag sok vállalat változtat árat, ezért a második hatás válik meghatározóvá: 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 között.

Az 1. *ábra* alapján az volt a benyomásunk, hogy a Calvo-paraméter esetleg hatással van az aggregált kibocsátás átlagos értékére is, ezért a 3. *ábrán* – a 2. *ábrához* hasonló módon – bemutatjuk az átlagos piaci ár és mennyiség alakulását is a Calvo-paraméter függvényében. A 3. *ábrán* az átlagos árszínvonal és a Calvo-paraméter között nehéz felfedezni bármilyen kapcsolatot, ez azt jelenti, hogy az 1. HIPOTÉZIST elfogadjuk. Viszont az aggregált kibocsátás átlaga határozottan növekszik az árak rugalmasságának növekedésével, ami a 2. HIPOTÉZIS elfogadását teszi lehetővé. Tehát a DSGE modellekkel ellentétben a mi modellünkben az átmeneti versenyhátrányuk és a belőle fakadó veszteségeik befolyásolják az árat nem változtató vállalatok viselkedését: mindez a kínálat visszafogására ösztönzi őket. Emiatt 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.

3. ábra

Az árszínvonal és az össztermelés átlaga különböző fokú ármerevség esetén

A piaci mennyiség átlaga



Végül megpróbáljuk regressziós elemzésekkel alátámasztani az itt leírtakat, valamint megvizsgáljuk a 4. HIPOTÉZIS helytállóságát is.⁵ A 2. táblázat tartalmazza a becslések eredményeit, amelyeket klasszikus legkisebb négyzetek módszerével készítettünk el.

2. táblázat

Regressziós becslések eredményei az ármerevség fokának változtatására

	Az ár		A mennyiség		Az egyedi vállalati	
	átlaga	ingadozása	átlaga	ingadozása	árak	mennyiségek
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

*** 1 százalékos, ** 5 százalékos, * 10 százalékos szinten szignifikáns.

Az átlagos árszínvonalra vonatkozó becslés alapján láthatjuk, hogy a Calvo-paraméter nem gyakorol szignifikáns hatást az árszínvonal átlagára, ami megerősíti a 3. ábra alapján levont következtetésünket. Az aggregált kibocsátás átlagára vonatkozó regresszió szintén összhangban áll azzal, amire a 3. ábra alapján következtethettünk is: minél rugalmasabbak az árak, annál nagyobb a piaci össztermelés átlaga. Rádásul

⁵ A regressziós elemzések megértéséhez szükséges ökonometriai ismeretek megtalálhatók például Ramanathan [2003]-ben.

meglehetősen nagy mértékben képes megmagyarázni a Calvo-paraméter az átlagos aggregált kibocsátást.

Az árszínvonal ingadozására vonatkozó regresszióban a másodfokú tag negatív előjele és szignifikáns volta megerősíti a Calvo-paraméter és az árszínvonal ingadozása között vélt, fordított U alakú kapcsolatot. A piaci összmenyiség ingadozására vonatkozó regresszió hasonló függvényformát jelez a Calvo-paraméter és az aggregált kibocsátás relatív szórása között, mint az árszínvonal ingadozása esetében. Az együttthatók azonban abszolút értékben kisebbek, az elsőfokú tag együttthatója csak 10 százalékos szinten szignifikáns, és a magyarázó erő 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 átváltás az árszínvonal és az össztermelés ingadozása között a Calvo-paraméter függvényében – a kapcsolat pozitív.

Az egyedi vállalati árak szóródására becsült regressziófüggvény alapján bizonytalanok vagyunk, hogy egyáltalán van-e kapcsolat a Calvo-paraméter és a vállalati árak szóródása között. A becsült együtttható 1 százalékos szinten nem különbözik szignifikánsan nullától, és a magyarázó erő is csupán 2,44 százalékos. Tehát valószínűsíthetjük, hogy az ármerevség mértéke nem befolyásolja az egyedi vállalati árak szóródását.

Az egyedi vállalati mennyiségek szóródása és a Calvo-paraméter között viszont már szignifikáns, negatív kapcsolatot mértünk, amit az 59,08 százalékos magyarázó erő 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 kiegyenlítő piaci erőviszonyok pedig a termelési szintek konvergenciáját eredményezik.

Tehát a 4. HIPOTÉZISNEK azt a részét elvetjük, hogy kevésbé szóródnak az árak, ha növekszik a Calvo-paraméter. Azt a részét viszont elfogadjuk, hogy a mennyiségek szóródása a Calvo-paraméter növekedésével 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.

Az ármerevség szempontjából heterogén vállalatok esete

Empirikus kutatások szerint jelentős különbségek figyelhetők meg a különböző gazdasági ágazatokban működő vállalatok átlagos árváltoztatási gyakoriságai között (Bils–Klenow [2004], Nakamura–Steinsson [2008]). Egy ágensalapú modellbe könnyedén beépíthető ez a fajta vállalatok közötti heterogenitás, ezért most megvizsgáljuk,

hogy milyen hatásai vannak az ármerevség szempontjából heterogén vállalatok figyelembevételének.⁶ Ennek során a Calvo-paraméter középértékét 0,5-en rögzítjük, és a σ_θ heterogenitási paramétert változtatjuk 0-tól 1-ig. A heterogenitási paraméter azt mutatja meg, hogy a vállalatok egyedi Calvo-paraméterei a 0,5-es középértékhez képest hány százalékos szóródási tartományban helyezkedhetnek el. Ebből a tartományból egy egyenletes eloszlás alapján kapjuk meg véletlenszerűen az egyedi paraméterértékeket.⁷ Minden más szempontból továbbra is homogének a vállalatok.

A vizsgálatunkhoz a következő két hipotézist fogalmazzuk meg.

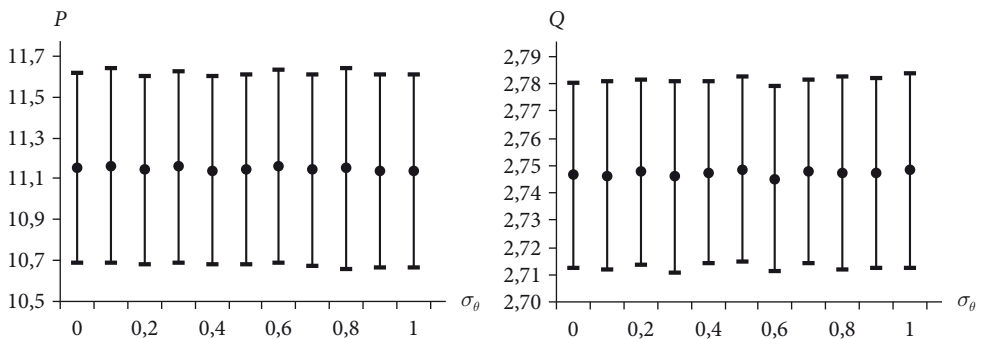
1. HIPOTÉZIS: a heterogenitási paraméter nincs hatással az árszínvonal és az aggregált kibocsátás átlagára és ingadozására.
2. HIPOTÉZIS: a heterogenitási paraméter növekedésével az egyedi vállalati árak és termelt mennyiségek szóródása nő.

Az 1. HIPOTÉZIS mögött az húzódik meg, hogy a heterogenitás növekedésével ugyan nőnek a vállalatok árváltoztatási gyakoriságai közötti különbségek, az átlagos árváltoztatási gyakoriság ugyanaz marad, ezért a vállalatok közötti eltérések aggregált szinten semlegesítik egymást. Viszont vállalati szinten megjelenhetnek a különbségek, ez áll a 2. HIPOTÉZIS mögött.

A 4. ábra szemlélteti, hogyan alakul a piaci árszínvonal és az aggregált kibocsátás átlaga és szórása a heterogenitási paraméter függvényében.

4. ábra

Az árszínvonal és az össztermelés ingadozása a vállalatok ármerevségbeli heterogenitásának függvényében



A 4. 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 ármerevségbeli heterogenitás.

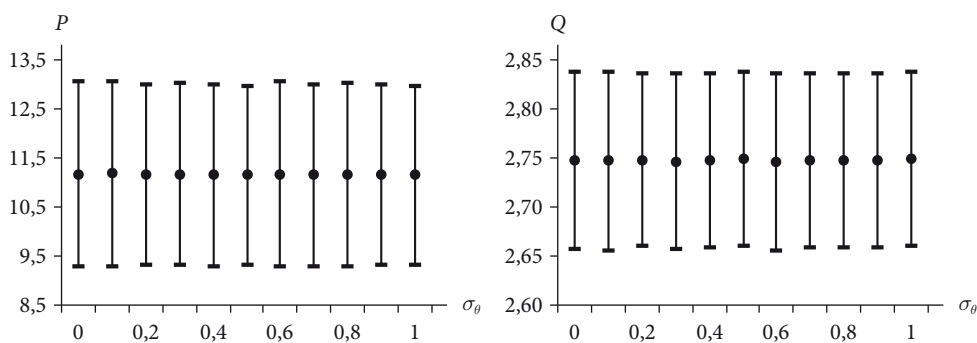
⁶ Az itt leírt eredmények akkor is érvényesek, ha a vállalatok az (5') egyenlet alapján, a versenytársak árait is figyelembe véve döntenek a termékük áráról.

⁷ 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 induló alkalmazkodása, és ez torzítaná a statisztikákat.

Az egyedi vállalati árak és termelt mennyiségek szóródása az 5. ábrán látható a heterogenitási paraméter függvényében. (Az átlagos értékek ugyanazok, mint a 4. ábrán.) Itt is azt láthatjuk, hogy a heterogenitási paraméter változtatásának semmiféle hatása nincsen, tehát a 2. HIPOTÉZIST nem tudjuk elfogadni. Ennek oka a következő. A heterogenitás növekedésével megjelennek olyan vállalatok, amelyek az átlagnál gyakrabban változtatnak árat, ez a szóródás növekedésének irányába hat, de akkor nem feltétlenül, ha ezek hasonlóan reagálnak a fennálló piaci körülményekre. Velük azonos arányban megjelennek olyan vállalatok is, amelyek az átlagnál ritkábban változtatnak árat, ez a szóródás csökkenésének irányába hat, de akkor nem feltétlenül, ha ezek a vállalatok jelentősen különböző árszinteken ragadnak meg. A bizonytalan és egymással ellentétes hatások végső soron semlegesítik egymást.

5. ábra

Az egyedi árak és mennyiségek szóródása a vállalatok ármerevségbeli heterogenitásának függvényében



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 árváltoztató gyakoriság is változna. Amíg azonban az eloszlás szimmetrikus, addig a vállalatok közötti ármerevségbeli heterogenitásnak semmiféle hatása nincsen.

3. táblázat

A regressziós becslések eredményei az ármerevségbeli heterogenitás fokának változtatására

	Az ár		A mennyiség		Az egyedi vállalati	
	átlaga	ingadozása	átlaga	ingadozása	árak	mennyiségek
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

*** 1 százalékos, ** 5 százalékos, * 10 százalékos szinten szignifikáns.

A 3. táblázat regressziós becslései számszerűen is alátámasztják a 4–5. ábra alapján levont következtetéseket.

A regressziós becslésekben a heterogenitási paraméter együtthatója nem különbözik szignifikánsan nullától 1 százalékos 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 szignifikáns a heterogenitási paraméter együtthatója, azonban ennek is olyan alacsony a magyarázó ereje, hogy nem beszélhetünk szoros kapcsolatról.

Calvo-típusú ármerevség a versenytársak árainak figyelembevételével

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

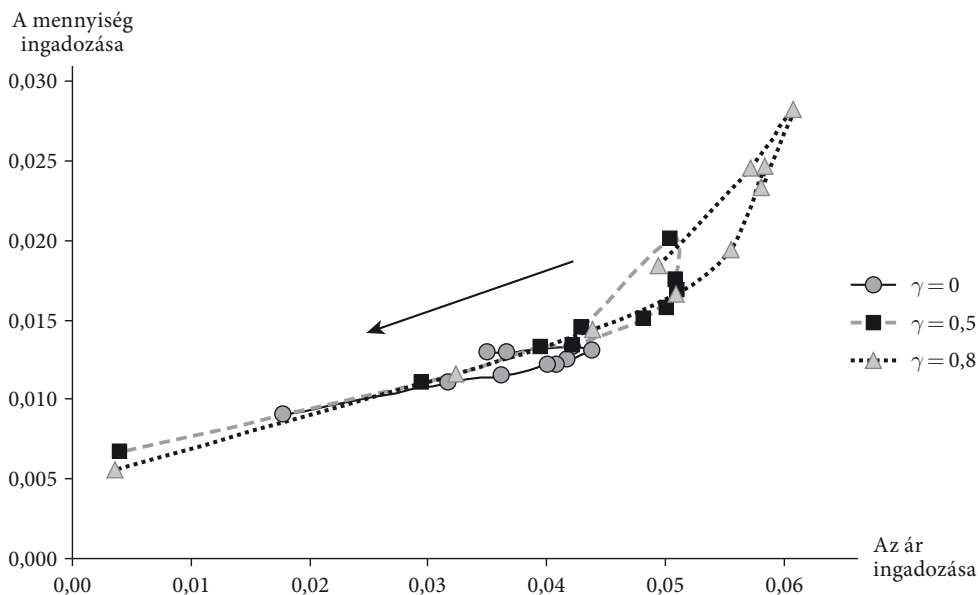
HIPOTÉZIS: ha a vállalatok nagyobb súllyal veszik figyelembe a versenytársak árait az árdöntés során, akkor az árszínvonal és az össztermelés ingadozása csökken.

A 6. ábrán azonnal látszik, hogy a hipotézist el kell vetnünk: rugalmas árak esetén egész más hatásokkal jár, ha a vállalatok tekintettel vannak a versenytársaik által szabott árakra is az árdöntésük során, mint ragadós árak mellett. A 6. ábra a γ paraméter 0, 0,5 és 0,8 értékei mellett ábrázolja az ár és a mennyiség ingadozása közötti kapcsolatot a Calvo-paraméter függvényében. A három görbe alakja hasonló a 2. 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, amelyek a Calvo-paraméter 1 értékének felelnek meg! Ezekből azt láthatjuk, hogy a vállalatok minél nagyobb súllyal veszik figyelembe a versenytársak árait az árdöntésük során, annál kisebb az árszínvonal és az össztermelés ingadozása – ez megegyezik *Hau és szerzőtársai* [2013]

6. ábra

Az árszínvonal és az össztermelés ingadozása különböző fokú ármerevség és a versenytársak árainak eltérő mértékű figyelembevétele esetén



eredményével. Ahogy azonban bekapcsoljuk a Calvo-féle szakaszos ármeghatározást (1-nél kisebb Calvo-paraméter), megváltozik ez az összefüggés: a γ paraméter növekedésével mind az ár, mind a mennyiség ingadozása nő.

Ennek a háttérben két ok is meghúzódhat. Az egyik az, hogy merevebb árak esetén viszonylag hosszú idő telik el két árváltoztatás között, ez alatt a vállalat termékének az ára és a piaci átlagár közötti 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 az ármerevség 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.

A 4. táblázatban ezúttal is regresszióanalízissel támasztjuk alá az eredményeket. A Calvo-paraméter együtthatói minden regressziófüggvényben többé-kevésbé megegyeznek a 2. 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 6. ábrán jól látszik: a magasabb γ paraméterekhez tartozó görbék meredeksége a Calvo-paraméter jóval kisebb értékénél vált át negatívba, mint a versenytársak árainak ignorálása esetén. Továbbá az egyedi árak szóródása és a Calvo-paraméter között a 2. táblázat eredményei

alapján nem találtunk egyértelmű összefüggést, most viszont szignifikáns, pozitív kapcsolatot azonosítottunk. Hozzá kell azonban tenni, hogy a magas magyarázó erő 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 között.

4. táblázat

A regressziós becslések eredményei az ármerevség fokának és a versenytársak áaira adott reakció erősségének változtatására

	Az ár		A mennyiség		Az egyedi vállalati	
	átlaga	ingadozása	átlaga	ingadozása	árak	mennyiségek
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

*** 1 százalékos, ** 5 százalékos, * 10 százalékos szinten szignifikáns.

Az átlagos árszínvonal és össztermelés, valamint a γ paraméter között továbbra sincs egyértelmű kapcsolat. Bár az átlagos árszínvonalra felírt regresszióban 5 százalékos szinten szignifikáns a γ paraméter, a magyarázó erő nagyon gyenge. Az átlagos aggregált kibocsátásra becsült függvényben 1 százalékos szinten is szignifikáns a γ paraméter, de a magyarázó erő nagyobbik részét a Calvo-paraméternek tudhatjuk be: 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 6. ábra alapján tett feltételezéseinket. *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 a γ paraméter együttthatója szignifikánsan különbözött nullától, itt viszont nem.

Hálózati hatások és a Calvo-típusú ármerevség

A tanulmány eddigi részeiben azt feltételeztük, hogy minden vállalat ismeri az összes versenytársát, pedig a modellben lehetőség nyílik egy ismeretségi hálózat definiálására a vállalatok között. Feltételezzük, hogy ez egy véletlen hálózat,⁸

⁸ A véletlen hálózatok elméletét *Erdős-Rényi* [1959] munkája alapozta meg.

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 ismeretségi 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 a vállalatok közötti kapcsolati háló nagyobb sűrűsége esetén a vállalatok kiterjedtebb versenytársi kör árára támaszkodva, nagyobb információs bázis felhasználásával hozzák meg árdöntéseiket az (5') egyenlet alapján.

A szimulációk során a Calvo-paraméter és a hálózati sűrűség változtatásának hatásait vizsgáljuk, miközben a γ paraméter értékét 0,5-en rögzítjük. Hipotézisünk a következő.

HIPOTÉZIS: a vállalatok közötti ismeretségi hálózat sűrűsége nincs hatással az árszínvonal és az össztermelés ingadozására.

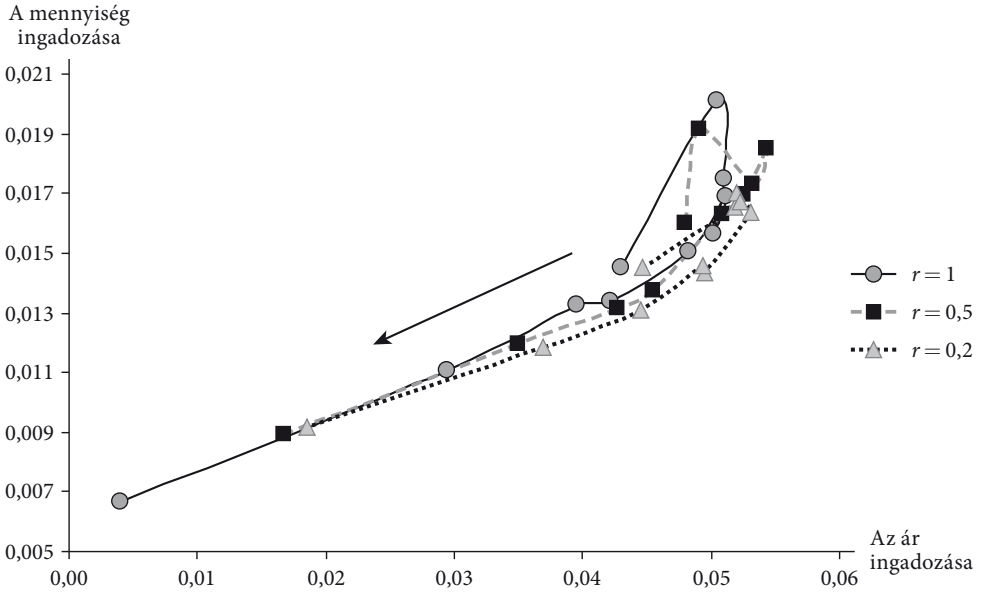
A HIPOTÉZIS ellentmond *Hau és szerzőtársai* [2013] eredményeinek, amelyek szerint a hálózati sűrűség növekedésével az aggregált változók ingadozása csökken, hiszen ilyenkor nagyobb információs bázis alapján, könnyebben „tanulják meg” a piaci árat a vállalatok, és ahhoz igazítják a saját termékük árát. Ennek az eredménynek a hátterében az áll, hogy a versenytársak árainak hangsúlyosabb figyelembevétele csökkenti az aggregált változók ingadozását. Viszont az előzőekben arra a következtetésre jutottunk, hogy merev árak esetén éppen ellentétes hatás figyelhető meg. Ha ragadós árak jelenlétében növeljük a vállalatok közötti ismeretségi 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 7. ábra a hálózati sűrűség 1, 0,5 és 0,2 értékei mellett mutatja az ár és a kibocsátás ingadozása közötti kapcsolatot a Calvo-paraméter függvényében, és megerősíti a HIPOTÉZISÜNKET. Elsőként ismét a három görbe végpontjaira hívnánk fel a figyelmet, amelyek az ármerevség nélküli esetnek felelnek meg. Ezek most is *Hau és szerzőtársai* [2013] eredményeit tükrözik: nagyobb hálózati sűrűség kisebb ingadozásokkal jár. A többi pont esetében viszont már nehéz bármilyen összefüggést felfedezni a hálózati sűrűség, valamint az ár és a mennyiség ingadozása között. A Calvo-paraméter A Calvo-típusú ármerevség hatásai című alfejezetben ismertetett módon befolyásolja az árszínvonal és az aggregált kibocsátás ingadozását.

A kifinomultabb elemzéshez az 5. táblázat regressziós becsléseit hívjuk segítségül.

7. ábra

Az árszínvonal és az össztermelés ingadozása különböző fokú ármervség és a vállalatok közötti ismertségi hálózat különböző sűrűségei esetén



5. táblázat

A regressziós becslések eredményei az ármervség fokának és a versenytársak közötti ismeretségi hálózat sűrűségének változtatására

	Az ár		A mennyiség		Az egyedi vállalati	
	átlaga	ingadozása	átlaga	ingadozása	árak	mennyiségek
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

*** 1 százalékos, ** 5 százalékos, * 10 százalékos szinten szignifikáns.

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 magyarázó ereje 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 még sincs határozott kapcsolat a hálózati sűrűség és az átlagos aggregált kibocsátás között.

Az ár és a mennyiség ingadozására felírt regressziók egyrészt megerősítik a megszokott, fordított U alakú kapcsolatot a Calvo-paraméter, valamint az ár és a mennyiség ingadozása között, másrészt azt láthatjuk, hogy 1 százalékos szinten egyik regressziós 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 áringadozás szóródásának csak 1,42 százalékát képes megmagyarázni önmagában, a mennyiség ingadozását pedig csak 0,99 százalékos magyarázó erővel. 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 regressziófüggvények eredményei teljesen összecsengenek a 4. 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 közötti különbségeket mérsékli, míg az egyedi mennyiségek szóródását nem befolyásolja szignifikánsan.

Az eredmények összegzése

A tanulmány célja annak igazolása volt, hogy az árak merevségének DSGE modellekben tapasztalható hatásai csak a főáramú közgazdaságtan specifikus előfeltevéseiből következnek. Eredményeink valóban rávilágítottak arra, hogy ha egy reálisabb feltevéseken nyugvó ágensalapú modell keretei között vizsgáljuk a nem tökéletes áralkalmazkodást, akkor egészen más hatásokat tapasztalunk.

1. *Nincsen átváltás az ár és a termelés ingadozása között a Calvo-paraméter függvényében.* Ehelyett pozitív kapcsolat rajzolódott ki az árszínvonal és az össztermelés ingadozása között a Calvo-paraméter függvényében, ráadásul egy fordított U alakú összefüggést tapasztaltunk az ingadozások nagysága és a Calvo-paraméter között.

2. *A Calvo-paraméter növekedésével az átlagos össztermelés nő.* Ez ellentmond a DSGE modellek azon következtetésének, hogy az ármerevség mértéke nem befolyásolja a változók átlagos értékeit. Ezzel összefüggő eredményünk, hogy a Calvo-paraméter növekedésével az egyedi vállalati mennyiségek szóródása csökken.

3. *A vállalatok ármerevségbeli heterogenitásának nincs hatása a piaci kimenetelre.* Ez ugyan nem indokolná a reprezentatív vállalat feltevésének feladását, de kifejtettük, hogy van tere részletesebb elemzésnek is a témában.

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] ármerevség nélküli eredményeivel.

5. *Ha növekszik a vállalatok közötti ismertségi hálózat sűrűsége, annak nincsenek egyértelmű hatásai.* Ez szintén eltér *Hau és szerzőtársai* [2013] ármerevség nélküli következtetéseitől.

Hangsúlyozzuk, hogy nem gondoljuk azt, hogy az ebben a tanulmányban bemutatott modell lenne az egyetlen helyes piaci modell. A Calvo-típusú ármerevség itt tapasztalt hatásai a DSGE modellekhez hasonlóan a modell előfeltevéseiből következnek. Bizonyára felépíthető olyan, más feltételezéseken alapuló modell, amelynek alapján más eredményekre jutnánk. Modellünk feltevései azonban legalább annyira védhetők, mint egy DSGE modell feltételezései, és a belőlük levont következtetések is legalább annyira logikusak. Ezzel pedig megmutattuk, hogy a főáramú közgazdaságtannak az árak merevségével kapcsolatos nézeteit nem szabad magától értetődően elfogadnunk.

Hivatkozások

- ARIFOVIC, J. [2001]: Evolutionary Dynamics of Currency Substitution. *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol. 25. No. 3–4. 395–417. o.
- BARRO, R. J. [1972]: A Theory of Monopolistic Price Adjustment. *The Review of Economic Studies*, Vol. 39. No. 1. 17–26. o.
- BESSENYEI ISTVÁN [2007]: A makroökonómia és makrogazdasági politika újabb elméletei. PTE KTK, Pécs.
- BILS, M.–KLENOW, P. J. [2004]: Some Evidence on the Importance of Sticky Prices. *Journal of Political Economy*, Vol. 112. No. 5. 947–985. o.
- BLANCHARD, O. J.–KIYOTAKI, N. [1987]: Monopolistic Competition and the Effects of Aggregate Demand. *The American Economic Review*, Vol. 77. No. 4. 647–666. o.
- CALVO, G. A. [1983]: Staggered Prices in a Utility-Maximizing Framework. *Journal of Monetary Economics*, Vol. 12. No. 3. 383–398. o.
- CHAN, C. K.–STEIGLITZ, K. [2008]: An Agent-Based Model of a Minimal Economy. Working Paper, Department of Computer Science, Princeton University, Princeton, NJ.
- CHARI, V. V.–KEHOE, P. J.–MCGRATTAN, E. R. [2009]: New Keynesian Models: Not Yet Useful for Policy Analysis. *American Economic Journal: Macroeconomics*, Vol. 1. No. 1. 242–266. o.
- CHRISTIANO, L. J.–EICHENBAUM, M.–EVANS, C. L. [2005]: Nominal Rigidities and the Dynamic Effects of a Shock to Monetary Policy. *Journal of Political Economy*, Vol. 113. No. 1. 1–45. o.
- COLANDER, D.–HOWITT, P.–KIRMAN, A.–LEIJONHUFVUD, A.–MEHLING, P. [2008]: Beyond DSGE Models: Toward an Empirically Based Macroeconomics. *The American Economic Review*, Vol. 98. No. 2. 236–240. o.
- DAWID, H.–GEMKOW, S.–HARTING, P.–VAN DER HOOG, S.–NEUGART, M. [2012]: The Eurace@Unibi Model: An Agent-Based Macroeconomic Model for Economic Policy Analysis. Working Paper, Universität Bielefeld.
- DE GRAUWE, P. [2010]: The Scientific Foundation of Dynamic Stochastic General Equilibrium (DSGE) Models. *Public Choice*, Vol. 144. No. 3–4. 413–443. o.
- DEISSENBERG, C.–VAN DER HOOG, S.–DAWID, H. [2008]: EURACE: A Massively Parallel Agent-Based Model of the European Economy. *Applied Mathematics and Computation*, Vol. 204. No. 2. 541–552. o.
- DOSI, G. [2012]: Economic Coordination and Dynamics: Some Elements of an Alternative „Evolutionary” Paradigm. LEM Working Paper Series, No. 2012/08.
- DOSI, G.–FAGIOLO, G.–NAPOLETANO, M.–ROVENTINI, A. [2013]: Income Distribution, Credit

- and Fiscal Policies in an Agent-Based Keynesian Model. *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol. 37. No. 8. 1598–1625. o.
- DOSI, G.–FAGIOLO, G.–ROVENTINI, A. [2008]: The Microfoundations of Business Cycles: An Evolutionary, Multi-Agent Model. *Journal of Evolutionary Economics*, Vol. 18. No. 3. 413–432. o.
- DOSI, G.–FAGIOLO, G.–ROVENTINI, A. [2010]: Schumpeter Meeting Keynes: A Policy-Friendly Model of Endogenous Growth and Business Cycles. *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol. 34. No. 9. 1748–1767. o.
- ERDŐS PÁL–RÉNYI ALFRÉD [1959]: On Random Graphs. *Publicationes Mathematicae Debrecen*, Vol. 6. 290–297. o.
- FAGIOLO, G.–DOSI, G. [2003]: Exploitation, Exploration and Innovation in a Model of Endogenous Growth with Locally Interacting Agents. *Structural Change and Economic Dynamics*, Vol. 14. No. 3. 237–273. o.
- FAGIOLO, G.–DOSI, G.–GABRIELE, R. [2004]: Matching, Bargaining and Wage Setting in an Evolutionary Model of Labor Market and Output Dynamics. *Advances in Complex Systems*, Vol. 7. No. 2. 157–186. o.
- FAGIOLO, G.–ROVENTINI, A. [2012]: Macroeconomic Policy in DSGE and Agent-Based Models. Megjelent: *Gaffard, J.-L.–Napoletano, M.* (szerk.): *Agent-Based Models and Economic Policy*. *Revue de l'OFCE*, Párizs, 67–116. o.
- FISCHER, S. [1977]: Long-Term Contracts, Rational Expectations and the Optimal Money Supply Rule. *Journal of Political Economy*, Vol. 85. No. 1. 191–205. o.
- GAFFEO, E.–GALLEGATI, M.–GOSTOLI, U. [2012]: An Agent-Based “Proof of Principle” for Walrasian Macroeconomic Theory. CEEL Working Paper, 2.
- GALÍ, J. [2008]: *Monetary Policy, Inflation and the Business Cycle: An Introduction to the New Keynesian Framework*. Princeton University Press, Princeton.
- HAU ORSOLYA–MELLÁR TAMÁS–SEBESTYÉN TAMÁS [2013]: Láthatóvá tehető-e a láthatatlan kéz? Egy ágensalapú piaci modell tapasztalatai. *Közgazdasági Szemle*, 60. évf. 9. sz. 992–1024. o.
- HEIJDRÁ, B. J.–VAN DER PLOEG, F. [2002]: *The Foundations of Modern Macroeconomics*. Oxford University Press, New York.
- HESHMATI, A.–LENZ–CESAR, F. [2013]: Agent-Based Simulation of Cooperative Innovation in R&D. *Research Evaluation*, Vol. 22. No. 1. 15–29. o.
- JAKAB M. ZOLTÁN [2012]: A makromodellek empirikus teljesítményéről. *Eltecon*-blog, http://m.cdn.blog.hu/el/eltecon/file/makrovita2012/JakabMZoltan_makrovita2.pdf.
- KRUGMAN, P. [2009]: How Did Economists Get It So Wrong? *The New York Times Magazine*, szeptember 2. http://www.nytimes.com/2009/09/06/magazine/06Economic-t.html?pagewanted=all&_r=0.
- LEIJONHUFVUD, A. [2006]: *Agent-Based Macro*. Megjelent: *Tesfatsion, L.–Judd, K. L.* (szerk.): *Handbook of Computational Economics*, 2. kötet, *Agent-Based Computational Economics*. North-Holland: *Handbooks in Economics Series*, 1625–1637. o.
- LENGNICK, M. [2013]: Agent-Based Macroeconomics: A Baseline Model. *Journal of Economic Behavior and Organization*, Vol. 86. 102–120. o.
- LUCAS, R. E. [1976]: *Econometric Policy Evaluation: A Critique*. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, Vol. 1. No. 1. 19–46. o.
- MANKIW, N. G. [1985]: Small Menu Costs and Large Business Cycles: A Macroeconomic Model of Monopoly. *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 100. No. 2. 529–538. o.
- MELLÁR TAMÁS [2008]: *Gazdaságpolitika makroszemléletben*. PTE KTK, Pécs.
- MELLÁR TAMÁS [2010]: Válaszút előtt a makroökönómia? *Közgazdasági Szemle*, 57. évf. 7–8.

sz. 591–611. o.

- MIDRIGAN, V. [2006]: Menu Costs, Multi-Product Firms and Aggregate Fluctuations. CFS Working Paper, No. 2007/13.
- NAKAMURA, E.–STEINSSON, J. [2008]: Five Facts About Prices: A Reevaluation of Menu Cost Models. *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 123. No. 4. 1415–1464. o.
- NEUGART, M. [2008]: Labor Market Policy Evaluation with ACE. *Journal of Economic Behavior and Organization*, Vol. 67. No. 2. 418–430. o.
- OFFNER, M. [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.
- PHELPS, E. S.–TAYLOR, J. B. [1977]: Stabilizing Powers of Monetary Policy under Rational Expectations. *Journal of Political Economy*, Vol. 85. No. 1. 163–190. o.
- RAMANATHAN, R. [2003]: Bevezetés az ökonometriába alkalmazásokkal. Panem Könyvkiadó, Budapest.
- ROTEMBERG, J. J. [1982]: Monopolistic Price Adjustment and Aggregate Output. *The Review of Economic Studies*, Vol. 49. No. 4. 517–531. o.
- SMETS, F.–WOUTERS, R. [2003]: An Estimated Dynamic Stochastic General Equilibrium Model of the Euro Area. *Journal of the European Economic Association*, Vol. 1. No. 5. 1123–1175. o.
- SOMOGYI RÓBERT–VINCZE JÁNOS [2011]: Price Rigidity and Strategic Uncertainty. *International Journal of Agent Technologies and Systems*, Vol. 3. No. 4. 57–69. o.
- STIGLITZ, J. E.–GALLEGATI, M. [2011]: Heterogeneous Interacting Agent Models for Understanding Monetary Economics. *Eastern Economic Journal*, Vol. 37. No. 1. 6–12. o.
- TAYLOR, J. B. [1979]: Staggered Wage Setting in a Macro Model. *The American Economic Review*, Vol. 69. No. 2. 108–113. o.
- TAYLOR, J. B. [1980]: Aggregate Dynamics and Staggered Contracts. *Journal of Political Economy*, Vol. 88. No. 1. 1–23. o.
- TESFATSION, L. [2006]: Agent-Based Computational Economics: A Constructive Approach to Economic Theory. Megjelent: *Tesfatsion, L.–Judd, K. L.* (szerk.): *Handbook of Computational Economics*, 2. kötet, Agent-Based Computational Economics. North-Holland: *Handbooks in Economics Series*, 831–880. o.
- VILÁGI BALÁZS [2012]: A főáramhoz tartozó dinamikus makroökonomiai modellek empirikus értékelése. Eltecon-blog, http://m.cdn.blog.hu/el/eltecon/file/makrovita2012/VilagiBalazs_makro_vita2_empirikus.pdf.
- WESTERHOFF, F. [2010]: A Simple Agent-Based Financial Market Model: Direct Interactions and Comparisons of Trading Profits. Megjelent: *Bischi, G. I.–Chiarella, C.–Gardini, L.* (szerk.): *Nonlinear Dynamics in Economics, Finance and Social Sciences*. Springer-Verlag, Berlin–Heidelberg, 313–332. o.