

HAU ORSOLYA–MELLÁR TAMÁS–SEBESTYÉN TAMÁS

## Láthatóvá tehető-e a láthatatlan kéz?

Egy ágensalapú piaci modell tapasztalatai

A szerzők egy ágensalapú modell kialakításával próbáltak válaszolni arra a kérdésre, hogy milyen dinamikát követnek a piaci folyamatok, ha nem teljesülnek a főáramú közgazdaságtan erős megszorításai (a láthatatlan kéz explicit megjelenése a walrasi árvezető képében, amely kizárja a nem egyensúlyi tranzakciókat, a szereplők racionális viselkedése, az információáramlás tökéletessége, a szereplők homogenitása, az ár- és mennyiségi alkalmazkodás szétválasztása stb.). Egy egyszerű, alulról építkező modell segítségével elemezték a piaci mikrostruktúrák, illetve a döntési szabályok paramétereinek egyensúlyi folyamatokra gyakorolt hatását. Vizsgálataik során azt találták, hogy a piaci szereplők száma akkor is lényegesen befolyásolja az alkalmazkodási folyamatokat, ha azok homogének; az ár- és mennyiségi szabályozás aránya nem gyakorol jelentős hatást a piaci ár és mennyiség alakulására; az információáramlás kiterjesztése javítja a piaci alkalmazkodást; a heterogén szereplők bevezetésének elsősorban a termelők esetén van jelentősége.\*

Journal of Economic Literature (JEL) kód: B41, C69, D01, D49, D59, L11.

### Bevezetés

A tanulmány szerzői a makroökonómiai vizsgálatok területéről tévedtek a piaci folyamat mikrooldali vizsgálatához. Eredetileg a különféle makroalkalmazkodási folyamatok elemzéséhez kerestek megfelelő mikromegalapozást. A keresések azonban nem vezettek eredményre, nem sikerült olyan piaci modellt találni, amely erre a célra megfelelt volna. Ez adta tehát az indítást a piaci folyamatok modellezésére, mégpedig kicsit másként, mint ahogyan azt az eddigi munkák többsége tette.

\* A tanulmány a TÁMOP-4.2.2.C-11/1/KONV-2012-0005. Jól-lét az információs társadalomban című pályázat támogatásával készült.

*Hau Orsolya*, Pécsi Tudományegyetem Közgazdaságtudományi Kar MTA–PTE Innováció és Gazdasági Növekedés Kutatócsoport (e-mail: hau@ktk.pte.hu).

*Mellár Tamás*, Pécsi Tudományegyetem Közgazdaságtudományi Kar Közgazdasági és Regionális Tudományok Intézete (e-mail: mellart@ktk.pte.hu).

*Sebestyén Tamás*, Pécsi Tudományegyetem Közgazdaságtudományi Kar MTA–PTE Innováció és Gazdasági Növekedés Kutatócsoport (e-mail: sebestyent@ktk.pte.hu).

Ha a makrofolyamatok mikromegalapozása szempontjából tekintjük a piaci mechanizmusokat és az árszabályozás módját, akkor két csoportot különböztethetünk meg. Az egyik csoportba azokat modelleket lehet sorolni, amelyek a neoklasszikus elveken épülnek fel, s a tökéletes piac ismérvei szerint működnek. Tehát érvényesülnek a walrasi piac-tisztító árak, az áralakulás abszolút rugalmas, a reakciók azonnal, időkésekedés nélkül végbemennek, az informátság közel tökéletes a racionális várakozásoknak megfelelően. Erre a piaci működésre építette fel makroökonómiáját az újklasszikus közgazdaságtan, lásd például a gazdasági ciklusok népszerű reálmódeljeit (*real business cycle*).

A másik csoportba a ragadós és/vagy merev árak esetei tartoznak. Ez a szemléletmód sokkal inkább az újkeynesi makroelméletnek felel meg. Az ezzel kapcsolatos árazási modellek három alcsoportba sorolhatók. 1. *Időfüggő modellek* esetében az a lényeg, hogy csak bizonyos időszakonként kerül sor az árak meghatározására (szerződések, bérkontraktusok miatt – lásd például Taylor [1980], Fischer [1977] vagy Calvo [1983] modelljeit). 2. *Az ármerevség állapotfüggő modelljeiben* az árváltozásnak költségei vannak (menüköltség vagy vevők elvesztése – például Rotemberg [1982] vagy Mankiw [2009]). 3. *Információhiányon* alapuló ármeghatározás modelljei (például Lucas [1973]).

Az újklasszikus és újkeynesi irányzat összebékülése az új neoklasszikus szintézisbe megpróbálta a két különálló csoportot integrálni. Az egységesítés alapja az időbeli szétválasztás lett, vagyis az, hogy rövid távon a mennyiségi alkalmazkodás dominál, mivel az árak változása lassú, késlekedő, hosszú távon viszont már megvalósul a tökéletes, rugalmas árakon alapuló piaci alkalmazkodás. Ma ez a felfogás abszolút uralkodó a főáramú makroökonómia területén. Ugyanakkor komoly kételyeket ébreszt és további problémákat vet fel abban a tekintetben, hogy miként is valósulhat meg ez az öszvér jellegű piaci alkalmazkodás. Pontosan meddig tart a mennyiségi alkalmazkodás, mikor kezdődik az áralkalmazkodás? Hogyan történik meg a gazdasági szereplők viselkedésének átváltása az egyik szemléletből a másikba?

Az ilyenfajta kérdések indítottak bennünket arra, hogy újra áttekintsük a piaci mechanizmust, és próbáljunk olyan modellt építeni, amely egyfelől kellően reális, eredményei összevethetők a mindennapi tapasztalatokkal, másfelől pedig alkalmas lehet a makrogazdasági vizsgálatok mikromegalapozására.

A piaci működés vizsgálatához az ágensalapú modellezést használtuk fel. Ez a viszonylag új módszer két területen ígér komoly előnyöket a korábbi analitikus vizsgálatokkal szemben. Egyfelől segítségével figyelembe tudunk venni többféle gazdasági szereplőt, nem kell kötni magunkat a homogén szereplők vagy a reprezentatív szereplő neoklasszikus feltevéséhez. Másfelől ezzel az eszközzel vizsgálhatóvá válik a gazdasági szereplők között kialakuló kapcsolatok, interakciók hatásmechanizmusa, és az ennek révén kialakuló kumulatív folyamatok rendszere.

Az ágensalapú modellezés alapvetően szimulációs vizsgálatok sorozatát jelenti, amelyek azonban nem adnak olyan egzakt eredményt, mint az analitikus vizsgálatok (igaz, cserébe nem is kell olyan drákói alapfeltevéseket tenni). Az ilyen típusú modellek egyik fő jellemzője, hogy az eseményeket az egymással kapcsolatban álló szereplők viselkedése határozza meg, miután a kezdeti feltételeket definiáltuk. Így ahelyett, hogy a rendszer egyensúlyi feltételeire koncentrálnánk, a szimulációk során figyeljük meg, hogy kialakul-e az egyensúly. Ennek a megközelítésnek nagy előnye,

hogy akkor is lehetővé teszi a modellezést, ha az egyensúly analitikusan nem levezethető, vagy akár nem is létezik (*Tesfatsion* [2006]).

Az ágensalapú modellezés elterjedését a közgazdaságtanban a számítástechnika fejlődése tette lehetővé. Ezt a típusú modellezést használják többek között a különböző tanulási folyamatok, a magatartási szabályok evolúciójának vizsgálatára, a gazdasági hálózatok kialakulásának elemzésére, valamint a piacok alulról építkező (*bottom up*) modellezésére (*Tesfatsion* [2003]). Ez utóbbi során gyakori, hogy egy tipikus piacot ragadnak ki, és annak a viselkedését vizsgálják: ilyenek például a pénzügyi piacokat leíró modellek (*Arthur és szerzőtársai* [1997], *Frankel–Froot* [1988], *Kirman* [1991], *De Grauwe és szerzőtársai* [1993], *Westerhoff* [2010]), a munkapiacot (*Tesfatsion* [2001]), az energiapiacot (*Nicolaisen és szerzőtársai* [2001]) vagy a lakáspiacot (*Farkas és szerzőtársai* [2010]) vizsgáló modellek.

Az egyedi piacokat vizsgáló modellek mellett ágensalapú makrogazdasági modelleket is találunk az irodalomban. *Howitt* [2007] egy intelligens, autonóm szereplőkből felépülő gazdasági rendszer viselkedését vizsgálta, ahol a szereplők egyféle terméket termelnek, és egy másikat fogyasztanak, így cserébe kell bocsátkozniuk. A szerző megállapította, hogy egy teljes autarkiából kiinduló rendszer eljut egy stacionárius állapotba, ahol az egyik termék tölti be a pénz szerepét. *Chan–Steiglitz* [2008] egy háztartásokat, bankot és két különböző terméket gyártó vállalatokat tartalmazó ágensalapú modellt mutatott be. A szerzőpáros arra a következtetésre jutott, hogy hosszú távon mind a termelt mennyiség, mind az ár lehet stabil, azonban ez nagymértékben függ a korlátozott racionalitással rendelkező ágensek magatartásától. *Dosi és szerzőtársai* [2008] a gazdasági ciklusok makroszinten megfigyelhető néhány egyszerűsített (stilizált) tényét szintén kétszektoros ágensalapú modell segítségével támasztotta alá. *Lengnick* [2011] egy ágensalapú makromodell eredményeit hasonlította össze egy dinamikus sztochasztikus általános egyensúlyi (DSGE) modell eredményeivel. A szerző arra a megállapításra jutott, hogy az egyszerű ágensalapú modell a gazdasági ciklusok egyszerűsített tényeinek nagy részét képes megmagyarázni. *Oeffner* [2008] ágensalapú makromodelljében elsőként a monetáris szférára és a monetáris transzmisszióra helyezte a hangsúlyt. A *Gaffeo és szerzőtársai* [2012] által bemutatott modell bizonyos szélsőséges feltételek esetén képes a walrasi kikiáltóhoz hasonló eredményeket produkálni, azonban ez nagyon érzékeny a modellben található tanulási folyamatokra és intézményi beállításokra.

Az előbb említett tanulmányok stratégiája rendszerint az, hogy a neoklasszikus feltevéseket realisabb kiindulási pontokkal helyettesítik, a piaci cserefolyamat valamilyen lejátszási algoritmusát definiálják, majd a modell szimulációja során kapott eredményeket vetik össze az egyszerűsített (stilizált) tényekkel. Ezekben az interpretációkban azonban maga a modell egyfajta fekete dobozként működik abból a szempontból, hogy a neoklasszikus feltevések feloldásának hatása többnyire rejtve marad. Ebben a tanulmányban az a célunk, hogy ezt a fekete dobozt felnyissuk, vagyis hogy egyfajta szisztematikus elemzését adjuk annak, hogy a neoklasszikus feltevések feloldása mely pontokon és milyen mértékben változtatja meg a piaci folyamatok tulajdonságait. Ezáltal egyrészt a realisabb piaci feltevések működési mechanizmusát és a klasszikus feltételezésekhez való viszonyát elemezhetjük, más-

részt pedig rávilágíthatunk azokra a pontokra, ahol az ágensalapú modellezés a „hagyományosnál” többet nyújt.

Az eredmények logikus összehasonlíthatósága és a szimulációk kezelhető keretek között tartása érdekében alapmodellként és viszonyítási alapként a tökéletes piaci modell Marshall–Walras-féle tankönyvi változatát használjuk. Ezt az alapmodellt módosítva megvizsgáljuk, hogy milyen hatása van az egyes feltételezések lazításának. A tanulmány felépítése a következő: a második szakaszban bemutatjuk, hogyan lehet eljutni a hagyományos walrasi modellektől az ágensalapú modellekig. Ezen belül elsőként a tradicionális modellek feltevéseit, fő jellemzőit ismertetjük. Majd megvizsgáljuk, hogy miként kell módosítani a szereplők döntési mechanizmusát egy ágensalapú modellben. A továbbiakban négy lépésben lazítjuk a modell feltevéseit, és mindegyik esetben egy-egy hipotézis megfogalmazásának segítségével elemezzük a reálisabb feltevések hatását. A tanulmányt összegzés zárja, amelyben a továbbfejlesztés irányait is felvázoljuk.

## A walrasi modelltől az ágensalapú modellig

### *A Marshall–Walras-féle piaci modell*

Az egyszerű (egytermékes, homogén, sokszereplős) piaci működés bemutatása az oktatásban a Marshall-keresztre és a Walras-féle kikiáltóra alapozódik. Ez a modell ugyan nagyon leegyszerűsített, mégis igen fontos vizsgálati eszköz, mert összehasonlítási pontot jelöl ki az ettől eltérő, bonyolultabb modellek számára. Ezért érdemes röviden áttekinteni, különös tekintettel az egyszerűsítő feltevésekre.

A Marshall–Walras-féle piaci modell jellemzői, alapfeltevései a következők.

1. *Homogenitási feltevés:* elvileg több termelő és vásárló van, de ezek teljesen azonos keresleti és kínálati függvénnyel rendelkeznek (ezért nem jelent problémát a függvények aggregálása), vagy más megközelítésben: a modellben egy reprezentatív fogyasztó és egy reprezentatív termelő van, mindketten tökéletesen jellemzik társaik viselkedését.

2. *Jól viselkedő keresleti és kínálati függvény* (folytonos, negatív, illetve pozitív meredekségű, csak a pozitív tartományokban értelmezett).

3. A termelők az *aktuális, érvényes ár ismerete alapján döntenek* a kínálatról, a fogyasztók pedig a keresletről.

4. A többletkereslet alapján a „piac” vagy a walrasi „kikiáltó” dönt az ár változásáról (a túlkeresleti függvény szerint), az új érvényes árról. A személytelen piaci döntést felfoghatjuk úgy is, mintha tökéletes informáltság lenne a termelők és a fogyasztók között, és teljes akarategyezőség mellett döntenének az ár változásáról.

5. A piacon egy ár érvényesül, és a tranzakciók csak akkor mennek végbe, ha az egyensúly kialakul.

E feltételek nyilván egy nagyon leegyszerűsített, absztrakt piac működését vetítik előre. A valóságban létező és megfigyelhető piacokon a szereplők nem homogének,

hanem sokfélék, a termékek általában nem, vagy nem teljesen homogének, az árak a piaci információk és interakciók eredményeként alakulnak ki és változnak, e folyamatban többnyire a termelők játszanak meghatározó szerepet. Az egyetlen ár elve legtöbbször nem érvényesül, még ha teljesen homogén terméket tekintünk is. Alapvetően azért nem, mert szinte sohasem valósul meg az, hogy időben és térben koncentráltan jelenjen meg a teljes kereslet és kínálat. Ezért az információáramlás sem lehet tökéletes a piac egészét tekintve.

Az ágensalapú szimulációs vizsgálatnak éppen az a célja, hogy hidat verjen a piac absztrakt modelljei (például a Marshall–Walras-modell) és a valóságban működő, megfigyelhető piacok közé. Az ágensalapú modelleknek nem kell megfelelniük azoknak a szigorú alapfeltevéseknek, amelyek nélkül az analitikus modellek megoldhatatlanná válnak. Miközben a korlátozó feltételek tetszőleges lazításával élhetünk a szimulációs modellek használatakor, tudatában kell lenni annak is, hogy a kapott eredmények mennyire esetlegesek, csak az adott konkrét helyzetre szabott érvényességűek. Éppen ezért az ágensalapú modellünket úgy terveztük meg, hogy kiindulási alapként a Marshall–Walras-modellt tekintettük, és ettől apróbb lépésenként haladva közeledünk egy realisabb feltételrendszerű piaci modell felé. A kis lépések célja, hogy az egyes stádiumokban kapott eredmények egymással könnyen összevethetők legyenek, ezáltal az egyes lépések hatását érdemben megvizsgálhassuk.

A neoklasszikus közgazdaságtanban a walrasi árverező feladata, hogy összegyűjtse az összes szereplő ajánlatát (mind keresleti, mind kínálati oldalon), majd ezek alapján meghatározza az egyensúlyi árat. Ezzel szemben az ágensalapú modellek nem tartalmazzák ezt az életidegen feltevést, ezért valami más módszer alapján kell meghatározni, hogy milyen áron melyik vevő melyik eladóval bonyolítja le a tranzakciót (*Tesfatsion* [2006]). A javasolt piaci keresőmechanizmust részletesen modell-leírásunk során mutatjuk be. Az alapvető feltételezésünk az, hogy szemben a walrasi árverező hipotézisével, mind a termelt mennyiséget, mind pedig az árat a vállalatok határozzák meg, mégpedig külön-külön, ámde hosszabb távon nyilván egymással összefüggésben. A következőkben elsőként megvizsgáljuk, hogyan alakulnak az egyes szereplők döntései, ha kivesszük a walrasi árverezőt a modelltől.

### *Az ágensalapú modell*

Ha feloldjuk a walrasi kikiáltó működésének feltételét, akkor többféle nehézséggel is szembesülünk. Egyfelől azzal, hogy ki is határozza meg az árakat, másfelől, hogy ebben az esetben miként kezeljük az időt és ebből következően a nem egyensúlyi tranzakciókat, harmadrészt, milyen egyedi árakat határoznak meg a különböző gazdasági szereplők. Továbbá felmerül a kérdés, hogy ez esetben mi biztosítja, hogy a termelők és a fogyasztók egymásra találjanak.

Kézenfekvőnek tűnik, hogy egy adott termelő, ismerve az éppen érvényes árat, a saját kínálati függvénye alapján meghatározza a termelés nagyságát. Mivel azonban nem ismeri a keresleti függvényt, és így nem tudhatja, hogy ennél az árnál vajon mekkora kereslet lesz a terméke iránt, ezért valószínűleg nem fogja feltétel nélkül tel-

jesen hozzáigazítani a termelését az árhoz, hanem csak fokozatosan alkalmazkodik a helyzethez. Annál is inkább, mert szemben a walrasi kikiáltós esettel, itt a termelés lezajlik, s ha nem lesz elég kereslet a termék iránt, akkor az eladatlan készletek következményét a termelőnek kell viselnie. Tehát ha a termelő azt érzékeli, hogy az éppen aktuális ár magasabb, mint az ő eddigi termelésére vonatkozó egységköltsége, akkor növeli termelését, és fordítva ellenkező esetben.

Miután a termelő módosította a termelését, a piacon megpróbálja eladni a termékét. Ha azt érzékeli, hogy a kínálatával szemben az adott ár esetén ezt meghaladó kereslet nyilvánul meg, akkor ez az ár emelése irányába tereli őt. Tehát a következő alkalommal már magasabb árat határoz meg. Mivel nem ismeri a keresleti függvényt, ezért nem tudja, hogy mekkora ár lenne az egyensúlyi, tehát csak kismértékben változtatja meg – esetünkben emeli – az árat.

A modellben a vállalatok határozzák meg mind az árat, mind a mennyiséget. A háztartások viselkedése ennél egyszerűbb, nagymértékben hasonlít a hagyományos Marshall–Walras-modellben megszokottakhoz. Minden háztartás egy egyszerű negatív meredekségű keresleti függvény alapján határozza meg a keresett termékmennyiség nagyságát az ár függvényében. A hagyományos Marshall–Walras-modellben nem okoz problémát, hogy a háztartások milyen árszínvonalat érzékelnek, ugyanis abban egyetlen ár, a walrasi kikiáltó által meghatározott egyensúlyi ár értelmezhető. Ezzel szemben az ágensalapú modellben több árszint is megjelenik, több termelő tipikusan eltérő árakat határoz meg. Mitől függ ebben az esetben, hogy a háztartások milyen árszínvonalat érzékelnek? Reális feltételezés, hogy a háztartások mindig a lehető legolcsóbban szeretnének vásárolni (a különböző vállalatok által termelt termékek továbbra is homogének), ezért a háztartás mindig megkeresi az általa ismert legolcsóbb vállalatot, és az adott vállalat által meghatározott ár alapján dönt a keresett mennyiség nagyságáról.

Annak érdekében, hogy a hagyományos Marshall–Walras-moddellel összevethetőek legyenek az eredmények, vizsgáljuk meg grafikusán a javasolt modellt egy-egy szereplő esetén. Ekkor nincs szükség a fent leírt piaci keresőmechanizmusra, mivel egy vásárlónk és egy termelőnk van, akik minden periódusban kizárólag egymással tudnak tranzakcióba lépni. Ennek megfelelően módosíthatjuk az induló Marshall–Walras-modellt.

A vállalatok egységköltségfüggvényét az (1) egyenlet határozza meg:

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

ahol  $c_{t,j}$  a  $j$ -edik vállalat egységköltsége a  $t$ -edik periódusban,  $s_{t,j}$  a  $j$ -edik vállalat által kínált mennyiség a  $t$ -edik periódusban,  $c_{1,j}$  és  $c_{2,j}$  a költségfüggvény paraméterei, amelyek vállalatonként eltérhetnek, így heterogén vállalatok modellezésére is mód nyílik. Amennyiben  $c_{2,j}$  értéke pozitív, úgy érvényesül a csökkenő hozadék.

A háztartásokra egyszerű, negatív meredekségű keresleti függvény jellemző:

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

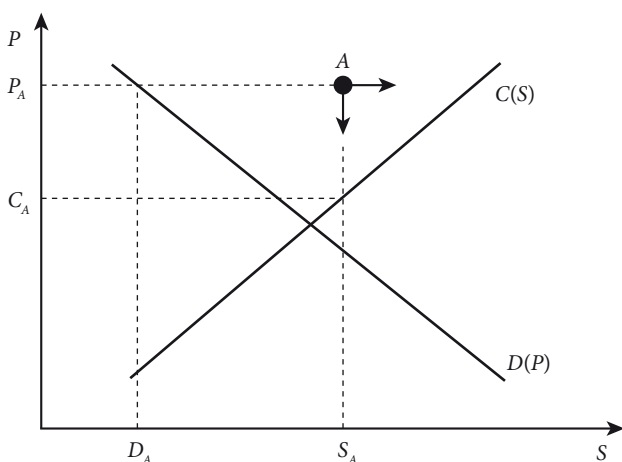
ahol  $D_{t,i}$  az  $i$ -edik háztartás által keresett termékmennyiség a  $t$ -edik periódusban,  $p_{t,i}$  az  $i$ -edik háztartás által érzékelt árszínvonal a  $t$ -edik periódusban,  $d_{1,i}$  és  $d_{2,i}$  a ke-

resleti függvény paraméterei, amelyek háztartásonként eltérhetnek, ezáltal lehetőség nyílik a heterogén háztartások figyelembevételére.

Ha ábrázoljuk a keresleti és költségfüggvényt az  $[S, P]$ , kínált mennyiség–ár koordinátarendszerben, akkor a Marshall-kereszthez hasonló ábrát kapunk, de nem ugyanazt (1. ábra). Azért nem, mert a keresleti függvényünk ugyan megfelel a standard tárgyalásmódnak, de a költségfüggvényünk már nem, mert ez nem egy klaszszikus kínálati függvény (ahol a kínált mennyiség az ártól függ), hanem a termelés átlagköltségét mutatja a kínált mennyiség függvényében. Bár a két görbe metszéspontja itt is megadja az egyensúlyi helyzetet, de az attól eltérő pontok értelmezése teljesen különbözik a Marshall-keresztétől.

1. ábra

Alkalmazkodási mechanizmusok az ágensalapú modellben



Tekintsük az ábrán az  $A(S_A, P_A)$  pontot, amely egy kínált mennyiséget és egy árat jelöl ki a pozitív negyedben. Az adott  $P_A$  ár a (2) keresleti görbe alapján kijelöl egy  $D_A$  keresett mennyiséget, ami most az esetünkben kisebb, mint a kínált mennyiség ( $S_A > D_A$ ). A túlkínálatot érzékelve a termelő feltételezhetően csökkenteni fogja az árat. Az adott  $A$  pont hasonlóképpen meghatároz egy  $C_A$  költségszintet is az (1) költségfüggvény alapján. Összevetve ezt az adott induló árral, azt láthatjuk, hogy az ár nagyobb, mint a költség ( $P_A > C_A$ ). Megállapítható tehát, hogy ez a termelési szint nyereséges, következésképpen a termelőnek érdekében áll a termelési szintet emelni.

A bemutatott modell felírható a (3) és a (4) egyenlet segítségével. A vállalatok a kínált mennyiséget az ár és egységköltség különbsége alapján határozzák meg, formálisan:

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

ahol  $s_{t,j}$  a  $j$ -edik vállalat által kínált mennyiség a  $t$ -edik periódusban,  $p_{t,j}$  a  $j$ -edik vállalat ára a  $t$ -edik periódusban,  $c_{t,j}(s_{t,j})$  a  $j$ -edik vállalat átlagköltsége a kínált mennyiség függvényében,  $\alpha_j$  pedig az alkalmazkodás erősségét mérő pozitív paraméter. Az eltérő

rő  $j$  indexek arra utalnak, hogy az egyes szereplők nem szükségképpen homogének, egymástól eltérően is viselkedhetnek.

A vállalatok az árat pedig az érzékelt túlkereslet alapján határozzák meg. Mivel a vállalat nem ismeri a keresleti függvényt, ezért a túlkereslet pontos nagyságával sincs tisztában, arra a megmaradt készletszintből tud következtetni. Ha a vállalatnál nagyobb készlet maradt, mint a tartani szándékolt biztonsági készlet, akkor a vállalat az árat csökkenti, ellenkező esetben pedig emeli:

$$p_{t+1,j} = \left[ 1 + \beta_j \frac{\min I_{t,j} - I_{t,j}}{s_{t,j}} \right] \cdot p_{t,j}, \quad (4)$$

ahol  $\beta_j$  az alkalmazkodás erősségét mérő paraméter,  $\min I_{t,j}$  a  $j$ -edik vállalat által tartani kívánt készlet a  $t$ -edik periódusban,  $I_{t,j}$  pedig a  $j$ -edik vállalatnál megmaradt készlet a  $t$ -edik periódusban.

Felmerülhet, hogy miért nem korlátozzuk a vállalatok által beállítható árszintet a költségeket meghaladó árakra. Természetesen érvelhetnénk úgy, hogy miután a vállalat a (3) egyenlet alapján döntött a termelés nagyságáról, az (1) költségfüggvény alapján ismert egységköltséget alapul véve csak ennél magasabb árat célszerű meghatároznia. Ez az érv azonban két ok miatt sem feltétlenül állja meg a helyét a modellben: egyrészt ha értékesíti (feltételezésünk szerint költségmentesen tartható) készleteit, akkor teljes bevétele meghaladja a termelés kapcsán felmerülő összes költséget, így profitot könyvelhet el. Másrészt pedig a vállalatok előre nem ismerik a termékeikkel szemben megjelenő keresletet, így ha a készletektől még el is tekintünk, korántsem biztos, hogy az effektív (az értékesítés egységére jutó) egységköltség megegyezik a költségfüggvény alapján számolttal. Mivel tehát nem áll az a feltétel, hogy a vállalat a megtermelt termékmennyiséget el is tudja adni, a vállalatok nem tudják a költségfüggvény alapján összekötni a termelési és az árdöntésüket, azokat külön-külön kell meghozniuk.

Fontos továbbá kiemelnünk, hogy a készletek lényeges szerepet töltenek be a modellben, hiszen a készletszint adja azt a jelzést, ami alapján a vállalatok árukról döntenek. A készleteket tartósnak feltételezzük, vagyis az egyszer megtermelt és az adott periódusban el nem adott terméket a vállalat később bármikor értékesítheti, továbbá feltesszük, hogy a készlettartásnak nincsen költsége. A készletszint így fontos eleme a modellnek, dinamikája azonban teljesen endogén, a vállalat által a (3) egyenlet alapján meghozott termelési döntés és a piaci folyamat lejátszása során (lásd később) a vállalat termékeivel szemben megjelenő effektív kereslet függvényében alakul.

Reális feltételezés, hogy a vállalatok az ár meghatározását nem elszigetelten végzik, hanem figyelembe veszik az ismert versenytársak által meghatározott árakat is. Ezért a modellben lehetőség van rá, hogy a vállalat árdöntését korrigálja az általa ismert vállalatok átlagárával ( $AP_{t,j}$ ),  $\gamma_j$  súllyal.

$$p_{t+1,j} = \left[ 1 + \beta_j \frac{\min I_{t,j} - I_{t,j}}{s_{t,j}} \right] \cdot \left[ 1 + \gamma_j \cdot \frac{AP_{t,j} - p_{t,j}}{p_{t,j}} \right] \cdot p_{t,j}. \quad (4')$$



Egy-egy szereplő esetén a (3)–(4) egyenletekből álló rendszer analitikusan is megoldható, a kialakuló ár–mennyiség-kombináció minden periódusban a termelő két döntésének a következménye, amelyeket a (3) és (4) mozgásegyenletek írnak le.<sup>1</sup> Ez a két mozgásegyenlet egy dinamikus rendszert definiál, amelynek az egyensúlyi feltételei a következők:

$$s_{t+1} = s_t \quad p = c(s), \quad (5)$$

$$p_{t+1} = p_t \quad \min I_t = I_t. \quad (6)$$

Egy-egy szereplő esetén egyértelműen alakul a vállalatnál megmaradó készlet, ugyanis az megegyezik a kereslet és kínálat különbségével. Ha feltesszük, hogy a biztonsági készlet minden periódusban a kínált mennyiség  $z$  hányada, akkor a (6) egyensúlyi feltétel a (6') módon alakul.

$$p_{t+1} = p_t \quad D(p_t) = (1 - z)s_t. \quad (6')$$

A modell stabilitása az egyensúlyi pont környezetében nem nyilvánvaló, ellentétben a Marshall-kereszttel. Matematikailag négy tényező viszonyától függ a stabilitás: a keresleti és költségfüggvény meredekségétől (rugalmasságától), illetve a mennyiségi és áralkalmazkodás paraméterétől, az  $\alpha$  és a  $\beta$  értékétől (egy-egy szereplő esetén a  $i$  és  $j$  indexeket elhagyhatjuk). Az egyensúlyi pontnál értelmezett *Jacobi-mátrix* ezt jól mutatja:

$$J^* = \begin{bmatrix} 1 - \alpha c'(s) \frac{s^*}{p^*} & \alpha \frac{s^*}{p^*} \\ -\beta(1-z) \frac{p^*}{s^*} & 1 + \beta D'(p) \frac{p^*}{s^*} \end{bmatrix}. \quad (7)$$

A paraméterek kézenfekvő értékei mellett előállhat az összes stabilitási eset az instabil örvénytől az egyenes vonalú konvergenciáig. A rendszer akkor stabil, ha a Jacobi-mátrix sajátértékei  $1$ . valósak és abszolút értékben  $1$ -nél kisebbek, vagy  $2$ . komplexek és az egységkörön belül találhatóak (lásd például *Shone* [2002]). Esetünkben ez a (8) és (9) feltétel teljesülését jelenti:

$$4 + 2\beta D'(p) \frac{p^*}{s^*} - 2\alpha c'(s) \frac{s^*}{p^*} - \alpha\beta D'(p)c'(s) + \alpha\beta(1-z) > 0, \quad (8)$$

$$\beta D'(p) \frac{p^*}{s^*} - \alpha c'(s) \frac{s^*}{p^*} - \alpha\beta D'(p)c'(s) + \alpha\beta(1-z) < 0. \quad (9)$$

Ha ezek a feltételek fennállnak, akkor stabil egyensúly valósulhat meg.

Több szereplő esetén a modellben nagyon fontos szerepet tölt be az egyes döntések egymásutánisága. Minden periódusban elsőként a vállalatok határozzák meg a kí-

<sup>1</sup>A két mozgásegyenlet sokban hasonlít *Leijonhufvud* [2006] által javasolthoz, azonban van egy lényeges különbség. Nevezetesen az, hogy ez esetben az árat nem a piac, a walrasi kikiáltó határozza meg a fenti szabály alapján, hanem maga a vállalat.

nált mennyiséget és az árat a (3) és a (4) egyenlet alapján. Ezt követően a háztartások végigjárják az összes általuk ismert vállalatot, és megkeresik közülük a legolcsóbbat, majd a (2) keresleti függvény alapján meghatározzák, hogy az adott áron mennyi terméket szeretnének vásárolni. A vállalat a nála található készletszint függvényében képes ezt a keresletet kielégíteni. Ha a háztartás tudott vásárolni, kilép a piacról, ellenkező esetben – azaz, ha a háztartás által ismert legolcsóbb vállalatnál már nem volt termék – a háztartás megkeresi a következő legolcsóbb vállalatot, és a folyamat ismét lejátszódik. Ez a folyamat egészen addig tart, amíg nem tud vásárolni, vagy amíg az összes ismert vállalat készlete ki nem ürül. Így elképzelhető olyan eset is, hogy a háztartás valós keresleténél kisebb mennyiségű terméket vásárol,<sup>2</sup> vagy egyáltalán nem jut termékhez. Ez utóbbit két tényező is okozhatja, egyrészt ha az összes vállalatot végigjárja, de már egyiknél sincs termékkészlet. Ezenfelül azonban elképzelhető olyan helyzet is, hogy a háztartás keresletét azért nem képes kielégíteni, mert a megfelelő áron kínáló cégek készlete már elfogyott, és a többi vállalatnál található áron a kereslete már nullával lesz egyenlő.

Miután lezajlott a keresési folyamat, a vállalat a megmaradt készletét összeveti a biztonsági készletszint nagyságával, illetve a termelési egységköltséget a meghatározott árral, és ezek alapján dönt a következő periódusban érvényes árról, illetve kínált mennyiségről. Hangsúlyozunk kell, hogy az alkalmazkodási folyamat nem szimultán, időigény nélkül valósul meg, hanem szigorú időbeli sorrendben, s ezért nem lehet automatikusan stabil az alkalmazkodás, ahogyan ezt a walrasi kikiáltó esetében láttuk.

Összességében a javasolt modell több ponton is szakít a hagyományos, neoklaszikus általános egyensúlyi modellek feltételezéseivel. Elsőként *a vállalatok nem optimalizálnak*, hanem egy adaptív folyamat során megpróbálják feltérképezni és kialakítani a számukra előnyös ár és kínált mennyiség kombinációkat (korlátozott racionalitás). Továbbá *eltekintünk a walrasi árverező szerepétől*, ami a nem egyensúlyi árakon történő tranzakciókat eleve kizárná. Így a piaci keresőmechanizmus során alakul ki, hogy melyik vevő melyik eladóval találkozik, és hogy milyen áron bonyolítják le a tranzakciót. Ennek következtében *a piacon több tranzakciós ár is kialakulhat*, a csere nem egyensúlyi árakon is végbemehet. Ezenfelül pedig a piaci szereplők nem feltétlenül ismerik egymást teljeskörűen, vagyis a háztartások keresési mechanizmusa nem feltétlenül terjed ki minden vállalatra. Természetesen további eltérés, hogy a piaci szereplők (háztartások, vállalatok) többfélék lehetnek, amely a keresleti és költségfüggvények paramétereiben mutatkozhat meg. Ugyanakkor ezt a piaci helyzetet nem lehet a főáramú nomenklatúra szerint a tökéletes, a monopól- vagy az oligopolversey valamelyikébe besorolni.

Érdemes kiemelni, hogy a modellben egy speciális adaptív tanulási folyamat érvényesül, bár ezt explicit módon nem modellezzük. A vállalatok döntési szabályában tulajdonképpen egy visszacsatolási mechanizmus érvényesül, amely révén a piaci visszajelzések alapján a vállalatok „letapogathatják” a termékükkel szemben megjelenő keresleti függvényt. E függvény pontosabb ismeretében a vállalatok

<sup>2</sup> Abban az esetben, ha az ár alapján kiválasztott vállalat készlete nem elegendő, a keresés nem folytatódik, a háztartás „megelégszik” az alacsonyabb vásárolt mennyiséggel.

jobb döntéseket tudnak hozni. A vállalatok tanulnak korábbi árazási és mennyiségi hibáikból, és ez a kereslet pontosabb megismeréséhez vezet. A kereslet a modell jellegéből (a piaci keresési folyamatok explicit modellezéséből fakadóan) fakadóan nem stabil a vállalat termékei iránt, így ez az adaptív folyamat újra és újra ismétli önmagát.<sup>3</sup> Hozzá kell tenni viszont, hogy a vállalatok közötti információáramlás beépítése a modellbe [lásd a (4') egyenletet] az adaptív tanulásnak egy további formáját képes megjeleníteni, amennyiben a vállalatok a más vállalatok által meghatározott árak érzékelésén és az ehhez történő alkalmazkodáson keresztül a piaci árat „tanulják” meg.

## Szimulációk

A következőkben ismertetjük azoknak a szimulációknak az eredményeit, amelyeket az itt bemutatott ágensalapú modell segítségével végeztünk. Ahogy a bevezetőben kiemeltük, a neoklasszikus modell feltevéseit fokozatosan lazítjuk, először azonban röviden kitérünk arra az esetre, amely a most ismertetett ágensalapú megközelítésben a legközelebb áll a Marshall–Walras-modellhez. Ez az az eset, amikor csupán egyetlen vállalatot és háztartást vizsgálunk.<sup>4</sup>

A szimulációkat a Matlab szoftver segítségével végeztük el. A futtatásokat minden esetben 250 perióduson keresztül folytattuk. Az egyes szimulációk során a modell paramétereit rögzítjük, és mindig csupán egy vagy két releváns paraméter értékét változtatjuk szisztematikusan, hogy ezek hatását vizsgáljuk. Minden egyes paraméterkombinációra 10 független futtatást végeztünk, hogy a sztochasztikus hatásokat kiszűrjük – a következőkben bemutatott eredmények (az egyes változók időbeli alakulását bemutató grafikonok kivételével) a 10 független futtatás eredményeinek átlagát tükrözik. Egyetlen eset kivételével (ezt később külön jelezzük), a 10 futtatást véletlenszerű induló piaci ár és mennyiség értékekkel indítottuk el. Fontos kiemelnünk továbbá, hogy a bemutatott eredményeket (szintén néhány később jelzett kivételtől eltekintve) az első 50 periódust követő adatok alapján számoltuk, ezzel kiszűrve az induló értékek szóródásából fakadó esetleges kezdeti alkalmazkodási hatásokat. A stabil piaci egyensúlyt mutató esetekben ez az 50 periódus elegendő az egyensúly kialakulásához, így feltételezzük, hogy a nem egyensúlyi esetekben is ettől az időponttól kezdve a piac indulóhatás-mentes viselkedését figyelhetjük meg.

A szimulációk során a paraméterek nagy részét rögzítjük, és mindig csak az adott lépés (feltételazítás) során releváns paraméter(ek) értékét változtatjuk meg. Az egyes paraméterek rögzített értékét az *1. táblázat* tartalmazza. Mindig külön jelezzük, hogy mely paramétereket és milyen tartományon változtatjuk az egyes futtatások során.

<sup>3</sup> Fontos hozzátennünk azt is, hogy az itt vázoltnál kifinomultabb adaptív tanulási folyamatokat nem is kívánunk beépíteni a modellbe, mivel annak célja a Marshall–Walras-modell ágensalapú átültetése, így a walrasi árvezetőt a legegyszerűbb döntési mechanizmusokkal helyettesítettük.

<sup>4</sup> Ez a reprezentatív szereplők szélsőséges esete, vagy más értelmezésben az a szituáció, amikor az egyedi keresleti és költségfüggvények egyben az aggregált piaci függvényeknek felelnek meg.

## 1. táblázat

A szimulációk során alkalmazott paraméterértékek

	Paraméterérték
Vállalatok száma ( $M$ )	10
Háztartások száma ( $N$ )	100
Keresleti függvény	$D_t = 4 - 0,1 \cdot P_t$
Költségfüggvény	$c_t = 5 + 2 \cdot q_t$
Árjelzés hatása a mennyiségre ( $\alpha$ )	0,5
Mennyiségi jelzés hatása az árra a ( $\beta$ )	0,5
Versenyársak árainak hatása az árra ( $\gamma$ )	0,0
Biztonsági készletszint (termelés százalékában: $\min I/s$ )	10,0
Szimulációs idő ( $T$ )	250

Külön kiemelés érdemel a keresleti és a költségfüggvények paraméterezése. Itt ugyanis szó lehet az egyedi vállalati függvények értékeiről vagy az aggregált piaci függvények paramétereiről. Annak érdekében, hogy a vizsgált piac egyensúlyi tulajdonságai alapesetben ne változzanak, a táblázatban szereplő értékeket az aggregált piaci függvények paramétereiként tekintjük a szimulációk legtöbbszörében – ahol ettől eltérő módszert alkalmazunk, ott erre külön kitérünk. Meg kell jegyeznünk továbbá, hogy a mennyiségi és áralkalmazkodás paramétereit ( $\alpha$  és  $\beta$ ) a heterogén szereplők esetén is azonosnak tekintjük, vagyis a heterogenitást csak a keresleti és költségfüggvények paramétereiben vizsgáljuk. A paraméterezés mögött az a cél húzódik meg, hogy a kiinduló rendszer (egy-egy szereplő) az egyensúly környezetében stabil legyen.

Az egy-egy szereplő esetén végzett szimulációk tapasztalatai megfelelnek az analitikus eredményeknek. A rendszer valóban akkor stabil, ha teljesülnek a Jacobi-mátrixra felírt feltételek. Egy-egy szereplő és az 1. táblázatbeli paraméterértékek esetén a rendszer tetszőleges kezdőértékről indulva eljut a hagyományos walrasi egyensúlyba, ahogy ez látható a 2. ábrán.

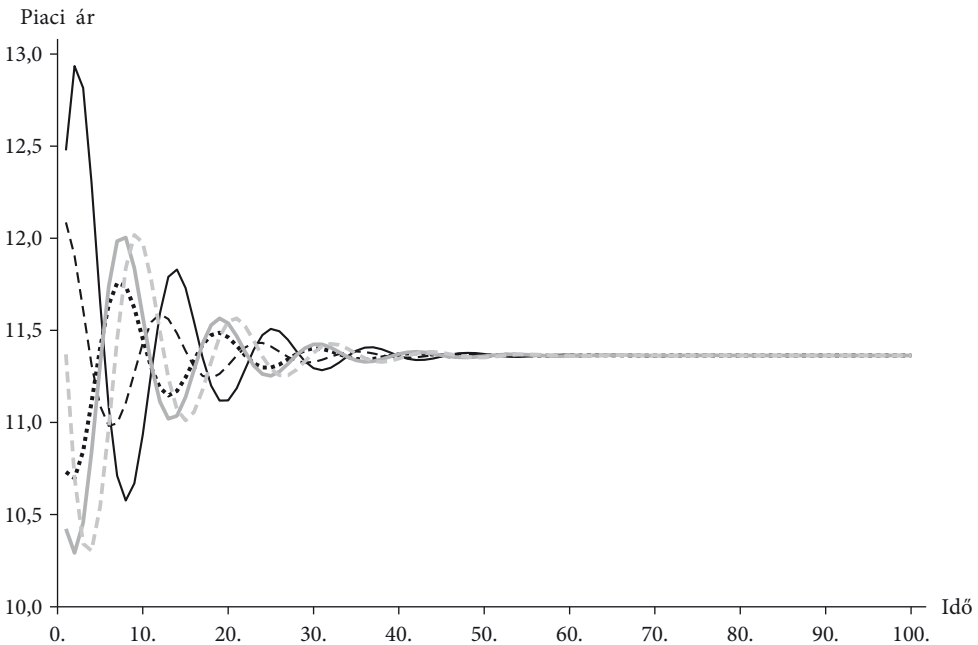
A következőkben azt fogjuk megvizsgálni, hogy milyen hatással van a piaci működésre ehhez az esethez képest az, ha

1. növeljük a szereplők számát,
2. erőteljesebben mennyiségi vagy erőteljesebben áralkalmazkodást folytatnak a vállalatok,
3. az információáramlás nem tökéletes,
4. a szereplők heterogének.

A fenti négy lépéshez négy hipotézist fogalmaztunk meg arra vonatkozóan, hogy mit várunk az adott feltétel lazításától. Ezeket fogjuk sorban ellenőrizni a következőkben.

## 2. ábra

A piaci ár alakulása az idő függvényében egy-egy szereplő esetén



### A szereplők számának hatása

1. HIPOTÉZIS • *A gazdasági szereplők számának változása – amennyiben azok homogének – nem befolyásolja a piaci egyensúly helyzetét és stabilitását.*

A szereplők számának vizsgálatokor két részre osztottuk az elemzést, elsőként megnéztük, hogy milyen hatása van, ha a háztartások száma emelkedik, majd rögzített háztartásszám mellett megvizsgáltuk a vállalatok számának megváltozásából eredő hatásokat, miközben a szereplőket homogénnek tekintjük.

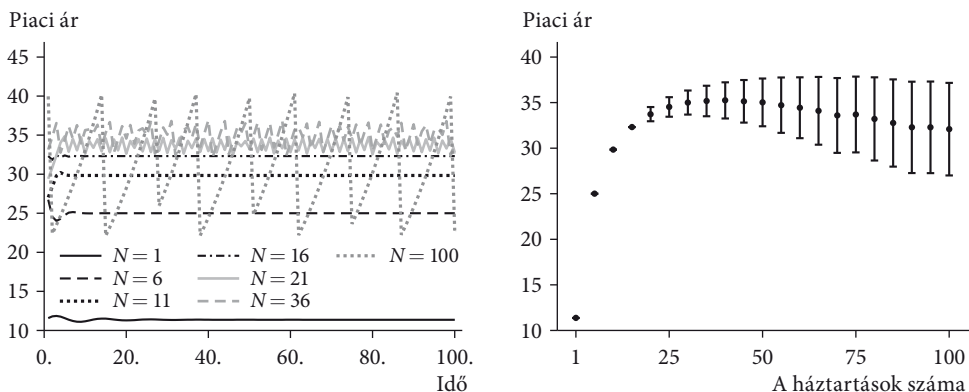
A háztartások számának emelésekor azt tettük fel, hogy minden egyes háztartásra a fenti, egy-egy szereplő esetén stabil egyensúlyt biztosító keresleti függvény a jellemző. A háztartások számát 1-től 100-ig emeltük, miközben továbbra is egy termelővel dolgoztunk. Az e feltételek mellett elvégzett szimulációk során az árakra kapott eredményeket mutatja a 3. ábra, a mennyiségek esetén hasonló tendencia figyelhető meg.

A 3. ábra bal oldali részén a piaci ár időbeli alakulását látjuk, azonban az egyes görbék különböző háztartásszámokat mutatnak.<sup>5</sup> Az ábra jobb oldali részén a pon-

<sup>5</sup> A bal oldali ábrán az egyes háztartásszámokra csupán egy-egy futtatás eredményét mutatjuk be, azonban valamennyi esetre több futtatást végeztünk. Az eredmények a modell sztochasztikus jellegéből fakadóan különböznek, de minőségileg nem térnek el egymástól. A jobb oldali ábrán egy-egy háztartásszám mellett elvégzett 10 különböző futtatás eredményeinek átlagát tüntettük fel.

## 3. ábra

A piaci ár alakulása a háztartások számának emelése esetén



tok az egyensúlyi árak nagyságát jelölik, a pontokat metsző vonalak pedig az egyensúly körüli ingadozás nagyságát mutatják. Nagyon fontos megjegyeznünk, hogy egyensúlyi áron a továbbiakban, amennyiben a piaci működés nem mutat stabilitást, az ingadozás középértékét értjük, minden esetben az árak különböző időbeli értékeinek egyszerű számtani átlagaként számolva.

A 3. ábrán azt látjuk, hogy a kialakuló piaci ár növekszik a háztartások számának növekedésével, valamint ugyanez a tendencia igaz a mennyiségekre is. Egy bizonyos háztartásszám felett azonban az egyensúly már nem stabil, az ár és a mennyiség is egy központi érték körül ingadozik, egyre nagyobb mértékben. Mindkét jelenség magyarázata az aggregált keresleti függvény megváltozásából fakad. Ugyanis több háztartás esetén ugyanazon az áron magasabb lesz a keresett mennyiség, azaz a keresleti függvény laposabb lesz. Ez egyrészt megmagyarázza a nagyobb egyensúlyi árat és mennyiséget, másrészt a keresleti függvény meredeksége hatással van az egyensúly stabilitására is, ahogy ezt a (8) és a (9) egyenlet is mutatja. Ha 19-nél több háztartás van, akkor az egyensúly már nem stabil, amit az analitikus eredmények is alátámasztanak.

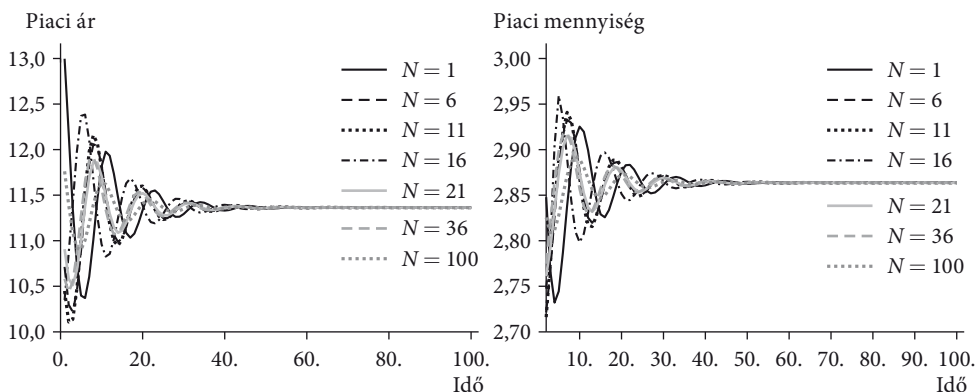
Egy megjegyzést érdemes tennünk a jobb oldali ábrával kapcsolatosan. Bár az ár egyensúly körüli ingadozása folyamatosan növekszik a háztartások számának növekedésével, az egyensúlyi ár csökken egy adott háztartásszám után. Ennek az a technikai oka, hogy a keresleti görbék paraméterei miatt 40-nél magasabb ár esetén a kereslet nulla, ezért a piaci ár nem jut érdemben ezen érték fölé. Így bár az egyensúlyi ár logikailag folyamatosan növekszik, ahogy az aggregált keresleti függvény folyamatosan laposabbá válik, a piaci ár érdemben nem ingadozhat az egyensúly fölötti tartományban, így az *ex post* adatokból számolt átlag – mint az egyensúlyi ár közelítése – lefelé torzít.

Ez rávilágít az aggregálás nehézségeire, ugyanis hiába tételeztünk fel homogén szereplőket, egyszerűen abból következően, hogy több háztartás van, megváltozik az aggregált keresleti függvény meredeksége, és ennek eredményeként az egyensúly stabilitása is. Megvizsgálunk egy olyan esetet, amikor az aggregált keresle-

ti függvény megegyezik az 1. táblázatban szereplő, stabilitást biztosító keresleti függvénnyel, és az egyedi háztartásokra jellemző keresleti függvényeket mindig a szereplők számának függvényében módosítjuk. Tehát egy futtatáson belül a szereplők továbbra is homogének, azonban eltérő háztartásszám esetén az egyes szereplőket más és más egyéni keresleti függvény jellemzi. Az ekkor tapasztalható piaci árat és mennyiséget mutatja a 4. ábra.

#### 4. ábra

Piaci ár és mennyiség alakulása eltérő háztartásszám esetén, standard aggregált keresleti függvénnyel



A 4. ábra alapján az látható, hogy jelen esetben a háztartások számának növekedése (változatlanok tartva a piaci aggregált viszonyokat) nem befolyásolja érdemben az egyensúly stabilitási tulajdonságait. Az egyensúlyi ár és mennyiség megegyezik az egy-egy szereplő esetén tapasztalhatóval. Ehhez azonban arra a feltételezésre volt szükség, hogy az egyéni keresleti függvényeket változtatjuk a háztartások számának függvényében.

A 3. és 4. ábra vizuális tanulságait szisztematikusabb regressziós elemzéssel is megpróbáltuk megerősíteni. Ennek érdekében több szimulációt végeztünk el különböző paraméterértékek mellett (jelen esetben a háztartásszám), és az így elvégzett szimulációkra rendre feljegyeztük a piaci átlagár és összes mennyiség értékét, valamint az ár és mennyiség ingadozását.<sup>6</sup> Ezt követően ezen értékeket magyarázott, a háztartások számát pedig magyarázó változóként felhasználva legkisebb négyzetes (OLS) regressziót becsültünk, amivel lehetővé válik a fenti következtetések alaposabb értékelése. A 2. táblázat felső blokkja tartalmazza a regressziós eredményeket arra az esetre, amelyben az aggregált keresleti függvény változik.

<sup>6</sup> Átlagáron az egyes periódusokban mért piaci átlagárak időbeli átlagát értjük, mennyiségen pedig a periódusonkénti mennyiségek átlagát. Az egyes mennyiségek ingadozása a periódusonkénti értékek előbbi átlag körüli relatív szórását jelenti. Valamennyi esetben kivesszük a mintából az első 50 periódust.

## 2. táblázat

OLS regressziók eredményei a háztartások számának alakulására

	Átlagár	Össz- mennyiség	Az ár ingadozása	A mennyiség ingadozása
<b>VÁLTOZÓ AGGREGÁLT KERESLET</b>				
Konstans	21,184***	7,261***	-0,015***	-0,027***
A háztartások száma ( $N$ )	0,515***	0,235***	0,002***	0,005***
$N^2$	-0,004***	-0,002***		
$R^2$	0,649	0,655	0,982	0,967
<b>FIX AGGREGÁLT KERESLET</b>				
Konstans	11,364***	2,864***	0,000***	0,000***
A háztartások száma ( $N$ )	0,000	-0,000	-0,000	-0,000
$N^2$				
$R^2$	0,000	0,000	0,000	0,000

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

Az ökonometriai eredmények alátámasztják a vizuális benyomásokat. A háztartások száma, valamint az ár és a mennyiség között fordított  $U$  alakú kapcsolatot találunk (ezt jelzik a szignifikáns negatív másodfokú magyarázó változók), ami tükrözi a 3. ábra eredményét, illetve az ár és a mennyiség ingadozása egyaránt növekszik a háztartások számának növekedésével. A 2. táblázat alsó blokkja mutatja ugyanezeket az eredményeket abban az esetben, amikor az aggregált keresleti függvényt változatlanoknak tartjuk. Az eredmények itt is egybevágznak a 4. ábra tapasztalataival: sem az ár, sem a mennyiség, illetve e változók egyensúly körüli ingadozása nem függ a háztartások számától, vagyis a 4. ábrán látott egyensúlyi dinamika általános a modellben.

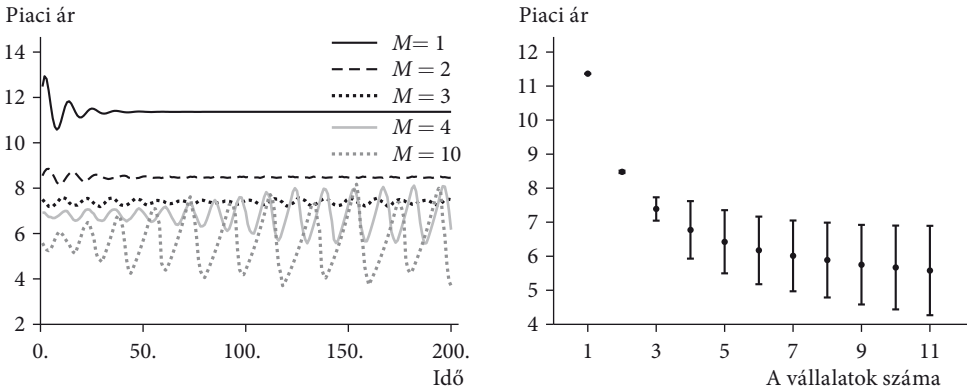
Összességében tehát elmondható, hogy a háztartások száma hatással van az egyensúlyra. Amennyiben homogén háztartásokat tételezünk fel változatlan (a számuktól független) keresleti függvénnyel, úgy az aggregálás következtében megváltozik az egyensúly helyzete és stabilitása is. Amennyiben ezt kiküszöböljük, akkor az egy-egy szereplő esetén tapasztalathoz hasonló eredményt kaptunk, ehhez azonban arra van szükség, hogy az egyéni viselkedést folyamatosan változtassuk a szereplők számának a függvényében.

A következőkben megvizsgáljuk, hogy miként hat az egyensúlyra a vállalatok számának megváltozása, miközben a háztartások számát 100-nál rögzítjük. A vállalatok számát 1-től 10-ig emeljük, miközben feltesszük, hogy a vállalatok homogének, és az 1. táblázatban szereplő költségfüggvény jellemző minden egyes vállalatra. A keresleti oldalon pedig azt tesszük fel, hogy az aggregált keresleti függvény az 1. táblázatbeli stabil egyensúlyt biztosító keresleti függvény, annak érdekében, hogy a háztartásszám megváltozásából fakadó hatásokat itt kiszűrjük. A szimuláció eredményei az 5. ábrán találhatók.



## 5. ábra

Piaci ár alakulása a vállalatok számának emelése esetén



Az 5. ábra bal oldali részén ismét a piaci ár időbeli lefutása látható,<sup>7</sup> ahol az egyes görbék különböző vállalatszámot reprezentálnak. Az ábra jobb oldali része pedig az egyensúlyi árat és az ár egyensúly körüli ingadozásának kiterjedését mutatja a vállalatok számának a függvényében. A mennyiségekre ebben az esetben is az árral analóg eredményeket kaptunk. Az eredmények teljesen hasonló tendenciát mutatnak, mint a háztartások számának növelése esetén. Az ár egyre alacsonyabb szint körül ingadozik, ami annak köszönhető, hogy az aggregált költségfüggvény meredeksége csökken, ahogy a vállalatok száma növekszik, így alacsonyabb árat és magasabb mennyiséget eredményez. Az egyensúly már két vállalat esetén instabillá válik, és az ingadozás a vállalatok számának emelkedésével növekszik. Ezt azonban nem magyarázza teljes egészében az, hogy a költségfüggvény meredekségének változása módosítja az egyensúly stabilitását. Az analitikus eredmények szerint ugyanis csupán négy vállalat felett válik az egyensúly instabillá, azonban a szimulációk már két vállalat esetén is ingadozást mutatnak. Az ellentmondás feloldása érdekében végeztük el a következő szimulációkat.

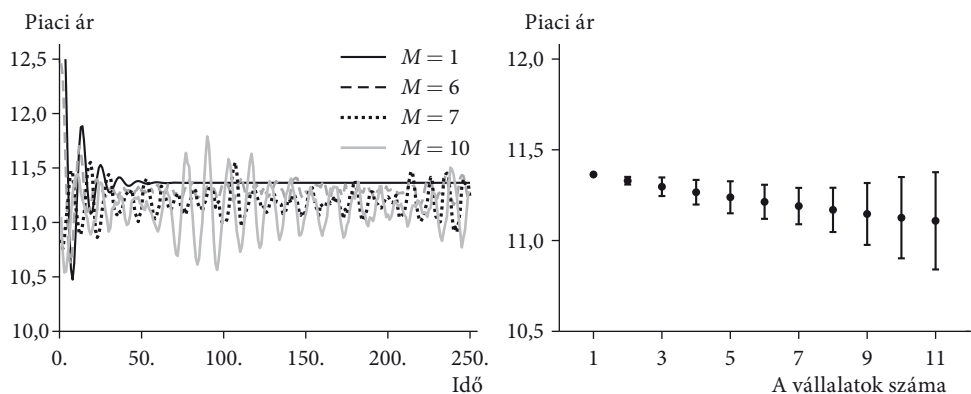
Szűrjük ki ismét az aggregált költségfüggvény megváltozásának hatásait a háztartásoknál már ismertetett módszer segítségével! Az egyedi vállalatok továbbra is homogének, azonban az egyedi költségfüggvények a szereplők számának változásával módosulnak oly módon, hogy az aggregált költségfüggvény az 1. táblázatban található, egy-egy szereplő esetén stabil egyensúlyt biztosító paramétereket veszi fel. A piaci árra vonatkozó eredményeket tartalmazza a 6. ábra.

A 6. ábrán azt látjuk, hogy hasonlóan a háztartások esetéhez, a piaci ár az 1-1 szereplő esetén tapasztalt egyensúlyi értéke körül marad. Ugyanakkor egy nagyon lényeges különbség, hogy már két vállalat esetén sem kapunk stabil egyensúlyt, a piaci ár egy jól érzékelhető tartományban mozog. E tartomány logikusan növekszik a vállalatok számának emelkedésével. Tehát ebben az esetben nem az aggregált költ-

<sup>7</sup> Több vállalat esetén a piaci árat az egyes vállalatok által meghatározott ár egyszerű számtani átlagaként definiáltuk.

## 6. ábra

A piaci ár alakulása eltérő vállalatszám esetén, standard aggregált költségfüggvénnyel



ségfüggvény meredekségének a megváltozása okozta az egyensúly instabillá válását, hanem maga a lejátszási rend.

Mivel a vállalatok nincsenek tisztában a keresleti függvénnyel, ezért a megmaradt készlet szintjük alapján igyekeznek egy számukra előnyös árat meghatározni. Ha azonban egy versenytárs olcsóbban kínálja portékáját, könnyen előfordulhat, hogy a megtermelt termékmennyiség nagy része a vállalatnál marad, ami a következő periódusban az ár nagymértékű csökkenését eredményezi. Ez az alacsonyabb ár nagy valószínűséggel sok vásárlót vonz, ami alacsony megmaradó készlet szinteket és ezáltal emelkedő árat eredményez. Ez az emelkedés egészen addig tart, amíg a vállalat el tudja adni a termékeit, majd az eladatlan készletek ismét egy nagyobb árscökkenésre készítetik a termelőket. Hasonló folyamatok zajlanak a mennyiségi döntések esetén is. Szemben tehát az egy-egy piaci szereplő teljesen stabil egyensúlyával, a vállalatok közötti folyamatos verseny a vevőkért nem teszi lehetővé, hogy az egyedi vállalatok valamilyen stabil egyensúlyi árat vagy mennyiséget állapítsanak meg, ezért mind az ár, mind a mennyiség folyamatosan változik a szimulációs periódus alatt.

A 3. táblázat a vállalatok számának hatását mutatja az egyes változókra. A felső blokkban azt az esetet vizsgáljuk, amikor az aggregált költségfüggvény a vállalatok számával változik. Az eredmények egybeesnek az 5. ábrán tapasztalt tendenciákkal. Az ár a vállalatok számának növekedésével csökken, a mennyiség esetében pedig a fordított  $U$  alakú kapcsolatot látjuk, ami a korábban leírt torzító hatásból fakad. Az ár és mennyiség ingadozása növekszik a vállalatok számának növekedésével, ahogy az az árak esetén az 5. ábrán látható is. A fix aggregált költségfüggvény esetén kapott eredmények szintén alátámasztják a vizuális benyomásokat: az ár és a mennyiség csökken a vállalatok számának növekedésével, az ár és a mennyiség ingadozása pedig enyhén növekszik.

Érdeemes ugyanakkor arra is kitérni, hogy az egyensúlyi ár, amely körül a piaci ár ingadozik, csökken a vállalatok számának emelkedésével. Ez azzal magyarázható, hogy az egyre több vállalat egyre intenzívebb versenyben áll egymással a fo-

## 3. táblázat

OLS regressziók eredményei a vállalatok számának alakulására

	Átlagár	Össz- mennyiség	Az ár ingadozása	A mennyiség ingadozása
<b>VÁLTOZÓ AGGREGÁLT KÖLTSÉGFÜGGVÉNY</b>				
Konstans	9,441***	2,916***	-0,009*	-0,06***
A vállalatok száma ( $M$ )	-0,43***	0,100***	0,024***	0,03***
$M^2$		-0,01***		
$R^2$	0,681	0,847	0,904	0,944
<b>FIX AGGREGÁLT KÖLTSÉGFÜGGVÉNY</b>				
Konstans	11,37***	2,882***	-0,01***	0,001**
A vállalatok száma ( $M$ )	-0,03***	-0,01***	0,002***	0,001***
$M^2$				
$R^2$	0,989	0,989	0,871	0,941

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

gyasztókért.<sup>8</sup> Ezzel párhuzamosan a megtermelt mennyiség is csökkenő tendenciát mutat, ami azzal indokolható, hogy alacsonyabb áron a vállalatok csak kevesebbet hajlandók termelni.

Tehát összességében nem tudtuk alátámasztani az első hipotézisünket: *a szereplők száma hatással van az egyensúly helyzetére és stabilitására is. A háztartások számának változása „csupán” az aggregálásból eredő problémákon keresztül befolyásolja az egyensúly helyzetét és stabilitását, amennyiben az aggregált keresleti függvényt változatlanok tételezzük fel, úgy az egyensúly megegyezik az egy-egy szereplő esetén tapasztalttal. A vállalatok számának megváltozására azonban ez már nem igaz, azonos aggregált költségfüggvény esetén is változik az egyensúly helye és stabilitása. Mivel a vállalatok határozzák meg minden periódusban az árat és a mennyiséget, ezért a számuk változása a verseny kiéleződésén keresztül is befolyásolja az egyensúlyt. Ez a döntési aszimmetria felelős ugyanakkor azért is, hogy a vállalatok számának változása érdemi eltérést jelent a klasszikus modell eredményeitől.*

*A mennyiségi vagy áralkalmazkodás hatása*

**2. HIPOTÉZIS •** *Ha a vállalatok döntési szabályában az árak változtatása (áralkalmazkodás) dominánsabbá válik a mennyiségek változtatásához (mennyiségi alkalmazkodáshoz) képest, akkor a piaci ár ingadozása növekszik, a piaci mennyiség ingadozása pedig csökken.*

<sup>8</sup> A vállalatok számának egy határon túl való növelése adott háztartásszám esetén azt eredményezi, hogy a piaci ár és mennyiség nullához tart.

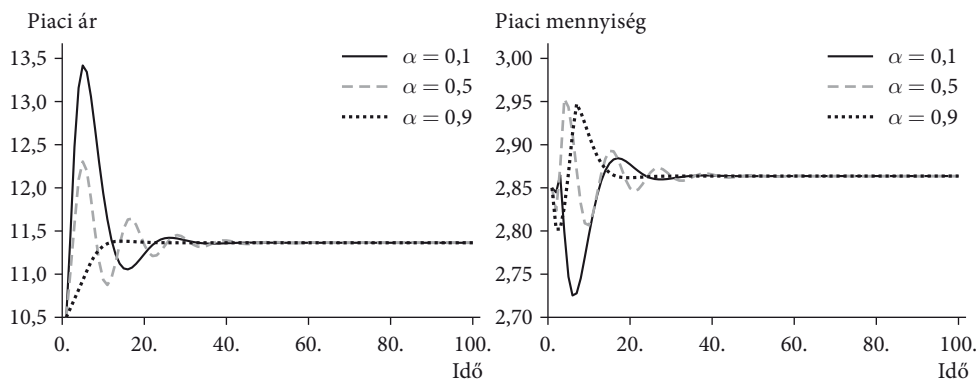
A 2. hipotézis mögött az az érv húzódik, hogy az erőteljesebb áralkalmazkodás az árak nagyobb léptékű változtatását jelenti, így az árak várhatóan nagyobb mértékben ingadoznak.

A hipotézis teszteléséhez először egy olyan szimuláció eredményeit mutatjuk be, amelyben egy vállalat és egy háztartás található, és a vállalat döntési paramétereit változtatjuk. Tesszük ezt annak érdekében, hogy kiszűrjük a szereplők számának az 1. hipotézis ellenőrzése kapcsán bemutatott torzító hatásait. A döntési paraméterek értékét úgy változtatjuk, hogy a mennyiségi alkalmazkodás (3) egyenletben található  $\alpha$  paraméterét fokozatosan növeljük, miközben az áralkalmazkodás (4) egyenletben található  $\beta$  paraméterét fokozatosan csökkentjük. A két szélsőséges esetet, ahol a vállalatok vagy pusztán az árakat, vagy pusztán a mennyiségeket változtatják, nem vizsgáljuk, ez ugyanis további feltételezések beépítését igényelné arra vonatkozóan, hogy miként határozódik meg az az érték, amelyről a vállalatok nem hoznak döntést. A vizsgálatot kilenc lépésben végezzük el úgy, hogy  $\alpha$  értékét 0,1-ről 0,9-re növeljük, miközben  $\beta$  értéke 0,9-ről 0,1-re csökken.

Mivel az 1–1 szereplős esetben a piaci dinamika stabil, ezért az árak és mennyiségek ingadozását azon az időtávon tudjuk vizsgálni, amíg a piaci egyensúly be nem áll. Ez azonban azt is jelenti, hogy az ár és a mennyiség kezdőértékének megválasztása adott esetben jelentősen befolyásolhatja az ingadozás mértékét, hiszen az egyensúlytól távolabbi kezdőértékek logikusan vezethetnek nagyobb ingadozáshoz. Ezért az esetleges torzítást kiszűrendő, a szimulációkat valamennyi  $\alpha$ – $\beta$  kombináció esetén azonos induló ár–mennyiség párral futtattuk le, így az esetleges eltérések az ingadozásokban pusztán a döntési paraméterek változásának köszönhetők, s ennek megfelelően az eredmények összevethetők a korábbi tapasztalatokkal. Az ár és a mennyiség alakulását szemlélteti a 7. ábra, három kiragadott  $\alpha$  érték mellett.

### 7. ábra

Piaci ár és mennyiség alakulása 1-1 szereplő és eltérő erősségű mennyiségi alkalmazkodás esetén



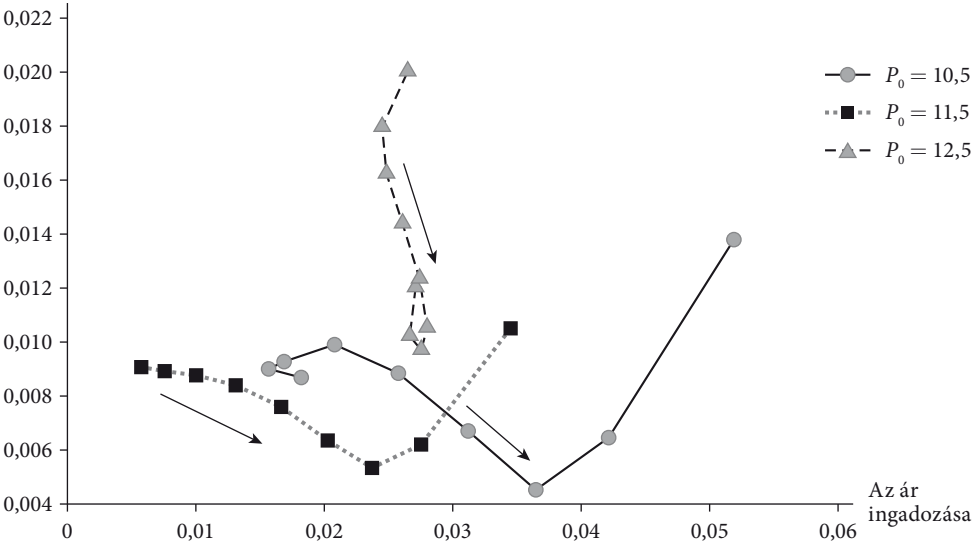
Látható, hogy a döntési paraméterek változása az egyensúly stabilitására nincsen hatással, azonban az ingadozás mértéke változik: az ár ingadozása az  $\alpha$  paraméter növekedésével (vagyis a mennyiségi alkalmazkodás dominánssá válásával)

csökken, a mennyiség esetében azonban nem tudunk ilyen egyértelmű megállapítást tenni. Az eredményeket szisztematikusabb formában jeleníti meg a 8. ábra, ahol a vízszintes tengelyen az ár ingadozását (relatív szórását), a függőleges tengelyen pedig a mennyiség ingadozását (relatív szórását) tüntettük fel, eltérő ( $P_0$ ) induló értékek esetén.

### 8. ábra

Piaci ár és mennyiség relatív szórása 1-1 szereplő és eltérő alkalmazkodások esetén

A mennyiség ingadozása



Az egyes adatpontok egy-egy  $\alpha$ - $\beta$  kombinációra kapott eredményeket takarják. Az árak és mennyiségek relatív szórásait az első ötven periódusra számoltuk ki, ez az időtáv az, ami a kezdőértékektől és a döntési paraméterek értékétől függetlenül szükséges és elegendő ahhoz, hogy a piaci egyensúly kialakuljon (lásd a 7. ábrát). Az egyes adatpontokat összekötöttük, így nyomon követhető az ábrán az is, ahogy az áralkalmazkodás irányából a mennyiségi alkalmazkodás irányába haladunk (ezt mutatják a nyilak). A három különböző adatsor három különböző kezdőértéket reprezentál: egy alacsony (az ábrán körrel jelölve), egy egyensúly közeli (négyzet) és egy magas (háromszög) induló értéket.<sup>9</sup> Az ábrán az látható, hogy az ár és a mennyiség ingadozásának tekintetében a hipotézisben vázolt átváltás (*trade-off*) kimutatható, azonban csak az  $\alpha$ - $\beta$  paraméterpárok közös értékeire. A szélsőséges esetekben (erőteljes ár vagy erőteljes mennyiségi alkalmazkodás) a negatív tendencia megtörik, és pozitívvá válik. Bár az ábrán kevésbé szembetűnő, de ez a helyzet a háromszöggel jelölt, magas induló értékkel futtatott szimuláció esetén is, azonban itt az ár ingadozása lényegesen kisebb tartományt jár be, míg

<sup>9</sup> Bár az ábrán csak az ár induló értékét tüntettük fel, ezzel párhuzamosan a mennyiség is azonosan alacsony, egyensúly közeli és magas értékekről indul.

a mennyiség ingadozása jóval nagyobbat, mint a másik két esetben. Fontos azt is kiemelnünk, hogy az ár–mennyiség ingadozás közötti átváltás mértéke (a szórások értéke) érzékeny a kezdőértékek megválasztására.

A megfigyelt jelenségek mögött az ár kezdőértékétől függően más-más tendencia húzódik meg. Az egyensúlyhoz közeli kezdőértéknél az ár ingadozása a várakozásoknak megfelelően csökken a mennyiségi alkalmazkodás dominánssá válásával, a mennyiség ingadozása pedig a domináns áralkalmazkodás esetét leszámítva növekszik.

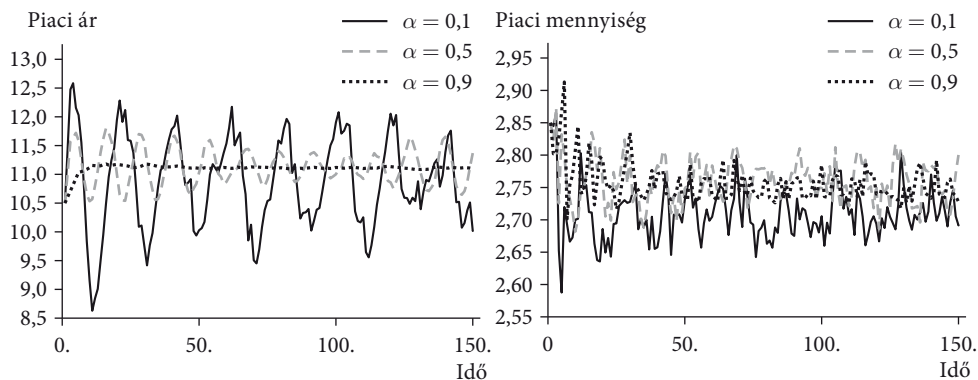
Az egyensúlyinál alacsonyabb kezdőérték esetén az ár ingadozása továbbra is csökkenő tendenciát mutat a tartomány egészét tekintve, a mennyiség ingadozása viszont itt már domináns mennyiségi alkalmazkodás esetén is csökken, és csak a közbülső tartományokban növekszik.

Az egyensúlyinál magasabb kezdőérték esetén a mennyiség ingadozása növekszik, leszámítva ismét a domináns áralkalmazkodás esetét, ugyanakkor ebben az esetben az ár ingadozását tekintve azt tapasztaljuk, hogy csak a köztes  $\alpha$ - $\beta$  párok esetén csökken, a szélsőséges ár- és mennyiségi alkalmazkodásoknál növekszik.

A továbbiakban a fenti elemzést kiterjesztjük arra az esetre, amikor a piacon tíz vállalat és száz háztartás van jelen. Továbbra is alkalmazzuk az egyes futtatások során az azonos induló ár- és mennyiségértékeket, hogy az induló értékek különbözőségéből fakadó torzítást kiszűrjük. A 9. ábra az ár és a mennyiség alakulását mutatja, különböző  $\alpha$ - $\beta$  kombinációk mellett.

### 9. ábra

Piaci ár és mennyiség alakulása több szereplő és eltérő alkalmazkodási folyamatok esetén



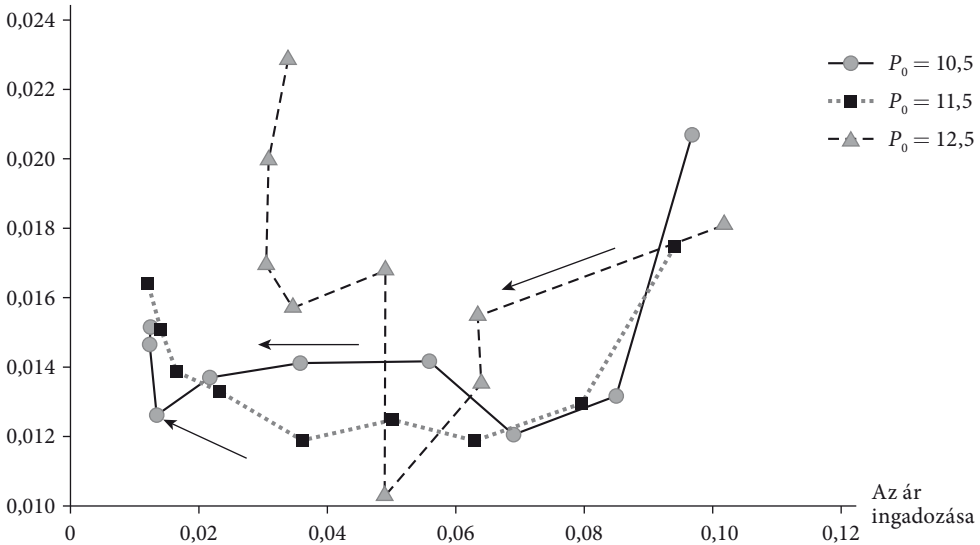
Az ábráról azt olvashatjuk le, hogy az ár ingadozása csökken  $\alpha$  nagyobb értékeire, vagyis a várakozásoknak megfelelően a mennyiségi alkalmazkodás dominánssá válásával az ár ingadozása csökken. A mennyiségek esetén az ábráról ilyen egyértelmű következtetést nem tudunk levonni. A 10. ábra a már ismert módon tartalmazza az egyes induló értékek esetén kapott összefüggést az ár és a mennyiség ingadozása között több szereplő esetén.

A 10. ábrán az látható, hogy bár az ár ingadozása továbbra is jelentősen csökken a mennyiségi alkalmazkodás irányába haladva, a *mennyiség ingadozásában*

## 10. ábra

A piaci ár és mennyiség ingadozása több szereplő és eltérő alkalmazkodás esetén

A mennyiség ingadozása



semmilyen érzékelhető struktúrát nem találunk. Az egyensúlyhoz közeli kezdőértékek esetén ( $P_0 = 11,5$ ) megfigyelhető egyfajta negatív összefüggés  $\alpha$  és  $\beta$  köztes értékeire, valamint az erőteljes mennyiségi alkalmazkodás esetén, azonban a két egyensúlytól távolabbi kezdőérték esetén *nem látunk érdemi összefüggést az ár és a mennyiség ingadozása között*. Ez egyrészt azt mutatja, hogy több szereplő esetén a piaci működés érzékenyebbé válik a „lejátás” folyamatára, vagyis arra, amilyen sorrendben az egyes szereplők döntést hoznak. Hiszen az itt bemutatott aggregált adatok mögött mindig egyedi szereplők interakciói állnak és korántsem mindegy, hogy az egyes háztartások mely vállalatokat keresik fel, melyektől tudnak vásárolni. Ahogy a szereplők számának változtatásakor láttuk, több szereplő esetén a vállalatok nem tudnak egy stabil árat és mennyiséget meghatározni, azok folyamatosan változnak a szimuláció során. Az ebből fakadó torzítások felülírhatják, és láthatóan felül is írják azt a tendenciát, amely az egy-egy szereplős esetben még kimutatható, nevezetesen, hogy a döntési paraméterek változásával az árak és a mennyiségek ingadozása változik. Egy további fontos motívum, hogy az ingadozások az ár és a mennyiség kezdőértékeire érzékenyek, ami logikus, hiszen az egyensúlytól távolabbi induló érték nagyobb kilengéseket indukálhat mind az árban, mind pedig a mennyiségben.

A 9. és 10. ábrán látottak alátámasztására ebben az esetben is regressziós vizsgálatokat végeztünk, amelyekben magyarázó változóként a mennyiségi alkalmazkodás erősségét mérő  $\alpha$  paraméter szerepel, eredményváltozóként pedig az árak és mennyiségek ingadozását szerepeltettük. Az eredményeket a 4. táblázat tartalmazza. Az árak és mennyiségek ingadozása mellett az egyedi árak és mennyiségek szóródását, valamint a piaci átlagár és összmennyiség idősoraira illesztett AR(1) fo-

lyamat együtthatóját ( $\rho P$  és  $\rho Q$ ) vizsgáltuk az ár- és mennyiségi alkalmazkodás függvényében. A regressziós eredmények itt részben megerősítik a vizuális benyomásokat: a piaci átlagár és összmennyiség ingadozása csökken, az egyedi árak és mennyiségek szóródása pedig növekszik a mennyiségi alkalmazkodás dominánssá válásával. Így tehát az eredeti hipotézist nem tudjuk alátámasztani.

#### 4. táblázat

OLS regressziók eredményei a vállalatok döntési szabályának változására

	Az	A	Az egyedi vállalati		$\rho P$	$\rho Q$
	ár	mennyiség	árszintek	mennyiségek		
	ingadozása		szóródása			
Konstans	0,059***	0,012***	0,160***	0,026***	0,856***	-0,077***
A mennyiségi alkalmazkodás erő ( $\alpha$ )	-0,072***	-0,005***	0,024***	0,008***	-0,031**	0,864***
$R^2$	0,894	0,739	0,797	0,905	0,098	0,800

$\rho P$ : a piaci átlagár idősorára illesztett AR(1) folyamat együtthatója,  $\rho Q$ : a piaci összmennyiség idősorára illesztett AR(1) folyamat együtthatója,

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

Ugyanakkor a perzisztenciára kapott eredmények egybevágnak a hipotézissel: az árak kilengéseinek tartóssága csökken a mennyiségi alkalmazkodás dominánssá válásával párhuzamosan, míg a mennyiség kilengéseinek tartóssága emelkedik. Ezek alapján azt mondhatjuk, hogy a piaci árak és mennyiségek stabilitása bizonyos értelemben hipotézisünknek megfelelően alakul. Tehát a vállalatok döntési szabályának hatása az árak és mennyiségek középérték körüli ingadozásában nem, de az ingadozások perzisztenciájában érzékelhetően megjelenik: *a mennyiségi alkalmazkodás dominánssá válásával a mennyiségek ingadozása „hektikusabb”, míg az árak ingadozása „simábbá” válik.*

A további szimulációk során feltételezzük, hogy egyforma súllyal hozzák meg a szereplők az ár- és mennyiségi döntést ( $\alpha = \beta = 0,5$ ).

#### Korlátozott információáramlás

3. HIPOTÉZIS • *Minél tökéletesebb az információáramlás, annál alacsonyabb az árak és mennyiségek egyensúlyi érték körüli ingadozása.*

A modellben az információáramlást alapvetően három dimenzió és paraméter szerezte értelmezhetjük. Egyrészt a két kapcsolati háló – a vállalatok közötti, valamint a háztartások és vállalatok közötti kapcsolati háló – jelenti az információáramlás csatornáit. Másrészt pedig a vállalatoknak a versenytárs vállalatok áaira adott reakciója része ennek az információs rendszernek, amit a modell (4') egyenletének  $\gamma$  paramétere reprezentál.



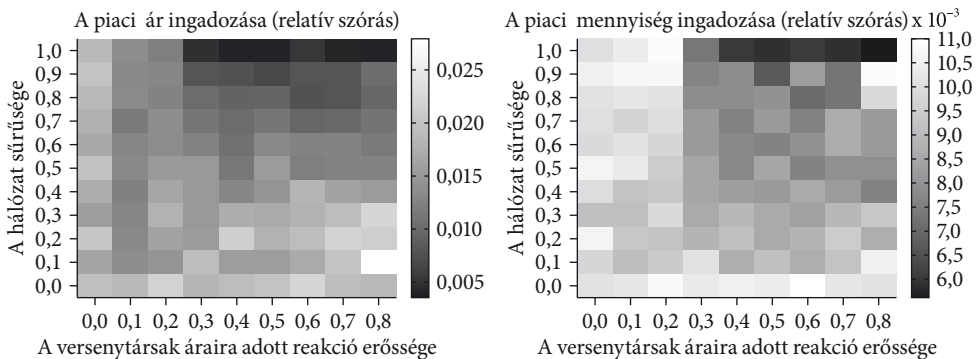
Az eddigi futtatások során teljes kapcsolati hálót tételeztünk fel, azaz az összes háztartás ismerte az összes vállalatot, illetve a vállalatok is ismerték az összes versenytársat. Továbbá az eddigiéknél során eltekintettünk attól, hogy a vállalatok az árdöntésük során a versenytársak által meghatározott átlagárat is figyelembe veszik ( $\gamma = 0$ ). A következőkben azt vizsgáljuk, hogy milyen hatása van az árak és mennyiségek egyensúlyi nagyságára, illetve ingadozására, ha ezeken a feltételeken lazítunk.

Meg kell állapítanunk, hogy a háztartások és vállalatok közötti kapcsolati háló tulajdonképpen mindaddig nem része az információs rendszernek, amíg ez a kapcsolati háló rögzített. E kapcsolatok csupán az egyes vállalatok által érzékelt piac méretét határozzák meg. A másik két dimenzió viszont valóban a piaci információk (árak) terjedését tükrözi, azonban eltérő értelemben. A vállalatok közötti kapcsolati háló sűrűsége a döntések meghozatala során a más vállalatoktól elérhető információ mennyiségét határozza meg, míg a döntési szabály paramétere azt, hogy a vállalatok milyen mértékben alkalmazzák ezt az információt. A hálózat sűrűsége tehát azt mutatja meg, hogy a vállalatok milyen mértékben *támaszkodhatnak* a versenytársak áraira, a reakcióparaméter pedig azt, hogy az elérhető információt adottnak véve erre a vállalatok valójában milyen mértékben *támaszkodnak*.

A 11. ábra bal oldali részén azt mutatjuk meg, hogy a piaci ár, jobb oldali részén a piaci mennyiség ingadozása hogyan alakul a két paraméter függvényében. Mindkét ábrán az ingadozást az ár és a mennyiség középérték körüli relatív szórásával mérjük. A sötétebb árnyalatok alacsonyabb, a világosabb árnyalatok magasabb ingadozást jeleznek.

### 11. ábra

A piaci ár és mennyiség ingadozása az információáramlás függvényében



Mindkét érték (ár és mennyiség) esetén megfigyelhető a 11. ábrán, hogy a sűrűség és a reakcióerősség növekedésével – vagyis az említett *információs kör teljesebbé válásával* – az ingadozás tipikusan csökken. Ez a csökkenés azonban *markánsabb az ár esetén*. Egyrészt az ár esetében a relatív szórás a teljes sűrűség és nulla reakció esetén (ez felel meg az eddigi futtatásoknak, az ábra bal felső sarkában) 2 százalék, míg a legalacsonyabb érték 0,6 százalék. A mennyiség esetén a szórás eleve csupán 1 százalék, és a legkisebb érték is csupán 0,5 százalék. Másrészt pedig az ábrára tekintve az is látható, hogy a mennyiség esetén szignifikánsan alacsonyabb

szóródás csak a reakcióparaméter és a sűrűség együttesen magas értékei mellett adódik, ugyanakkor az árnál a csökkenés a középső tartományban is érzékelhető. Ez azzal magyarázható, hogy a versenytársakról elérhető információkat a vállalatok explicit formában csak az ár meghatározásánál veszik figyelembe, ennek a mennyiségre csupán közvetett hatása van.

Az eddigiekhez hasonlóan az információáramlás esetében is elvégeztük az eredmények regressziós tesztelését, magyarázó változóként az információs hálózat sűrűségét és a versenytársak áraira adott reakció erősségét (*avPrice*) alkalmazva. Az eredményeket az 5. táblázat tartalmazza. A piaci ár és mennyiség esetében az eredmények nem mutatnak egyértelmű tendenciát. A versenytársak árának figyelembevétele pozitívan hat a piaci árra, de a hálózati sűrűség nem hat rá. A mennyiségre a sűrűség negatívan, a versenytársak ára pozitívan hatnak, ennek az összefüggésnek azonban nagyon gyenge a magyarázóereje. Az ár és mennyiség ingadozására kapott eredmények (*sP* és *sQ*) megerősítik a 11. ábrán látottakat: mindkét érték kisebb lesz mind a hálózati sűrűség, mind a versenytársak áraira adott reakciók erősségének növekedésével, azaz az információáramlás és -felhasználás tökéletesebbé válásával csökken az árak és mennyiségek ingadozása. A táblázat további eredménye, hogy az egyedi árak szóródása csökken, míg az egyedi mennyiségek szóródása (*varQ*) növekszik az információáramlás tökéletesebbé válásával.

#### 5. táblázat

OLS regressziók eredményei az információáramlás változására

	Átlagár	Össz- mennyiség	Az	A	Az egyedi vállalati	
			ár	mennyiség	árszintek	mennyiségek
			ingadozása		szóródása	
Konstans	11,135***	2,761***	0,023***	0,011***	0,177***	0,028***
Sűrűség	0,005	-0,002***	-0,011***	-0,002***	-0,018***	0,002***
<i>avPrice</i>	0,108***	0,003***	-0,004***	-0,002***	-0,004***	0,005***
$R^2$	0,355	0,046	0,399	0,247	0,322	0,651

*Sűrűség*: a vállalatok közötti kapcsolati háló sűrűsége, *avPrice*: a más vállalatok áraira adott reakció erőssége a vállalatok döntési szabályában.

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

#### Szereplők heterogenitása

4. HIPOTÉZIS • *A szereplők heterogenitásának emelkedésével növekszik az egyedi árak és mennyiségek szóródása, azonban az átlagos ár és mennyiség, illetve az egyensúly körüli időbeli ingadozás nem változik.*

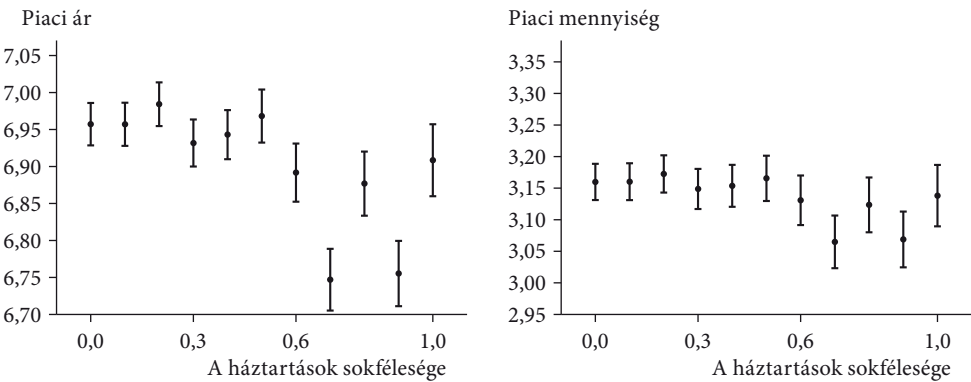
Az eddigi vizsgálataink során általában az árak és mennyiségek egyensúly körüli ingadozására helyeztük a hangsúlyt, azonban a szereplők heterogenitásának bekap-

csolásával előtérbe kerül a vállalatok által meghatározott egyedi árak és mennyiségek egymáshoz viszonyított eltérése. Tehát a következőkben megvizsgáljuk, hogy milyen hatása van a háztartások, illetve a vállalatok heterogenitásának az árak és mennyiségek egyensúlyi nagyságára, időbeli ingadozására, valamint az egyedi árak és mennyiségek szóródására.

A háztartások heterogenitásán azt értjük, hogy a háztartások keresleti függvényének paraméterei [a (2) egyenlet  $d_{1,i}$ ,  $d_{2,i}$  paraméterei] háztartásonként eltérők. A háztartások sokféleségét egy 0-tól 1-ig terjedő paraméter segítségével ragadtuk meg, ami a paraméterértékek szóródási tartományát adja meg.<sup>10</sup> A 12. ábra az árak és mennyiségek egyensúlyi nagyságát, illetve az időbeli ingadozások nagyságát mutatja a sokféleség mértékének függvényében. Minél heterogénebbek a háztartások, annál nagyobb szóródást mutatnak az egyensúlyi értékek, azonban itt nem szűrhető le tendenciaszerű összefüggés, ez kizárólag abból fakad, hogy a keresleti függvény véletlen egyedi paramétereinek következtében megváltoznak az aggregált keresleti függvény paraméterei is, és így az egyensúlyi ár és mennyiség nagysága.<sup>11</sup> Az egyensúly körüli ingadozás enyhén növekszik mind az ár, mind a mennyiség esetén.

## 12. ábra

Piaci ár és mennyiség ingadozása a háztartások heterogenitásának függvényében



A 13. ábra segítségével megvizsgáltuk, hogy miként alakul az egyedi vállalatok által meghatározott árak és mennyiségek szórása. A pontok az egyensúlyi értékek helyzetét jelölik, míg a pontot metsző vonalak az egyedi értékek szóródását a piaci átlag körül. Erről az ábráról is látható, hogy az egyensúly helyzetére a heterogenitás növekedése nincs hatással.<sup>12</sup> Továbbá az is leolvasható, hogy az egyedi értékek szóródása

<sup>10</sup> Tehát például egy 0,5-ös érték azt jelenti, hogy az átlagos érték körül  $\pm 50$  százalékos szóródási tartomány van. Az egyedi függvényparaméterek pedig egy ezt a tartományt lefedő egyenletes eloszlásból származnak.

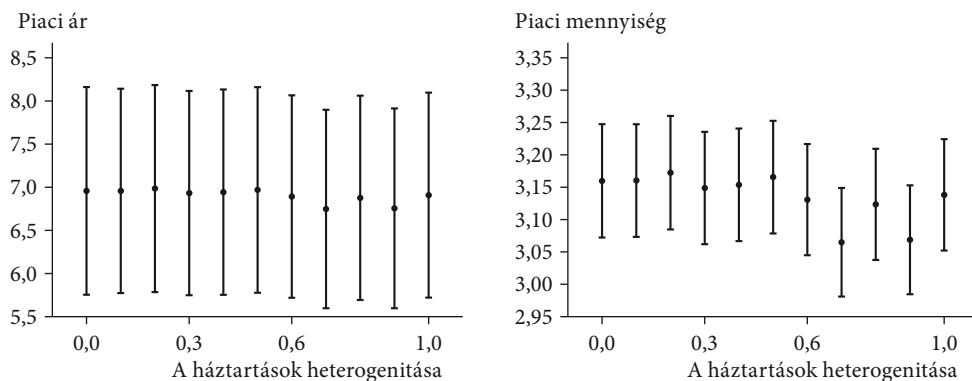
<sup>11</sup> Mindössze 10 futtatás átlagát reprezentálják az ábrák minden egyes paraméterértékre. Több futtatás esetén értelemszerűen ezek az ingadozások is csökkennének, elegendően nagy számú futtatásnál pedig nem lenne érzékelhető különbség az egyensúlyi értékek között.

<sup>12</sup> Az egyensúly nagysága megegyezik az 12. ábrán láthatóval, a különbség csupán a két függőleges tengely eltérő skálázásából adódik.

sem változik, ahogy a háztartásokat egyre inkább eltérő keresleti függvények írják le. Ez azzal magyarázható, hogy a modellben a vállalatok határozzák meg mind az árakat, mind a mennyiségeket, és a jelen szimuláció során a vállalatokat továbbra is homogénnek tekintettük, kizárólag a háztartások heterogenitását vizsgáltuk. *Tehát a háztartások sokféleségének növekedése nincs hatással sem az egyensúly helyzetére, sem az ingadozások, sem az egyedi értékek szóródásának nagyságára.*

### 13. ábra

Az egyedi árak és mennyiségek szóródása a háztartások heterogenitásának függvényében



A 6. táblázat a szokásos regressziók eredményeit tartalmazza a háztartások heterogenitásának vizsgálata esetében. Az ár és a mennyiség esetén negatív szignifikáns kapcsolatot találunk, ami az ábrák alapján várható is, ám korábbi megjegyzésünk alapján érdemi kapcsolatot nem jelez, ahogy ezt a regressziók marginális magyarázóereje alá is támasztja. Az ár és a mennyiség ingadozásának növekedését a regressziók is igazolják, az egyedi árak és mennyiségek szóródása esetén pedig szintén a 13. ábrán látható tendenciákat tükrözik – az árak szóródása esetén nincs kapcsolat, a mennyiségek szóródásánál tapasztalható negatív hatás viszont nagyon gyenge magyarázóerővel társul.

### 6. táblázat

OLS regressziók eredményei a háztartások heterogenitásának hatására

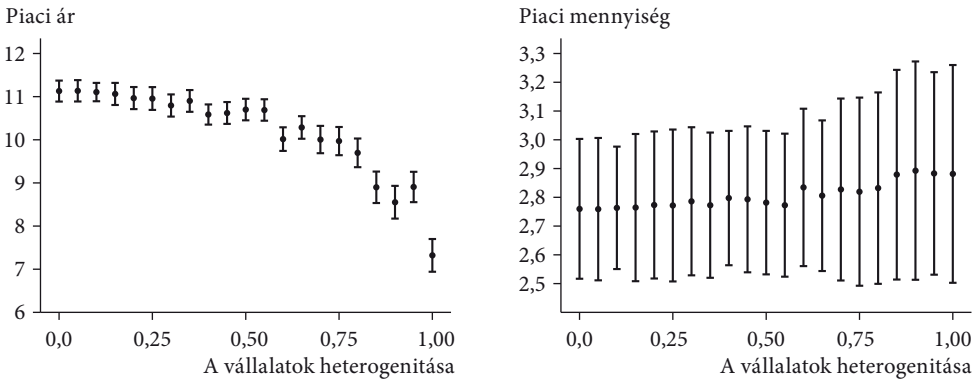
	Átlagár	Össz-mennyiség	Az ár ingadozása	A mennyiség	Az egyedi vállalati	
					árszintek	mennyiségek szóródása
Konstans	7,000***	3,179***	0,007***	0,008***	0,170***	0,074***
A háztartások heterogenitásának foka ( $\sigma H$ )	-0,146***	-0,066**	0,006***	0,007***	0,001	-0,001***
$R^2$	0,04	0,04	0,718	0,898	0,013	0,0135

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

A következőkben megvizsgáljuk, hogy milyen hatása van a vállalatok heterogenitásának. Ehhez a vizsgálathoz a háztartásokat ismét teljesen homogénnek tételezzük fel, csupán a vállalatok költségfüggvényét változtatjuk. A vállalatok heterogenitásának növekedésével az (1) költségfüggvény  $c_{1,j}$  és  $c_{2,j}$  paramétereinek a szóródását változtatjuk egy 0-tól 1-ig terjedő paraméter segítségével, a háztartásoknál ismertetett módon. A 14. ábrán elsőként az árak és mennyiségek egyensúlyi nagysága, valamint időbeli ingadozása látható a vállalatok heterogenitásának függvényében.

14. ábra

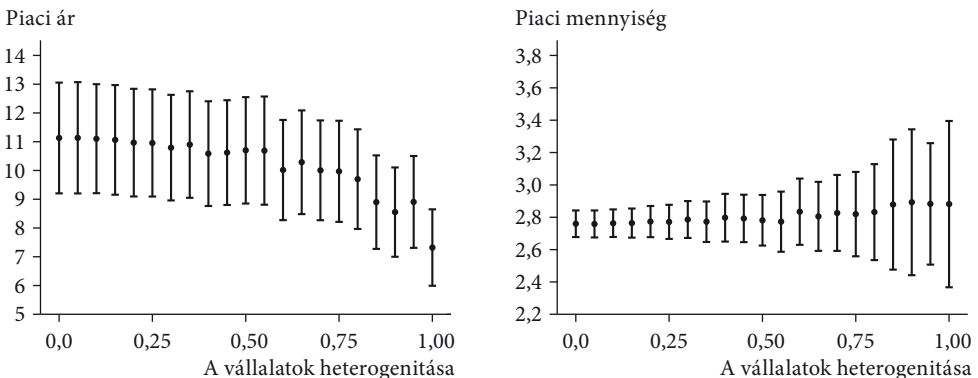
A piaci ár és mennyiség ingadozása a vállalatok heterogenitásának függvényében



Az ár csökkenése és a mennyiség növekedése itt annak köszönhető, hogy a nagyobb szóródásnál már vannak olyan vállalatok, amelyek olyan magas költségszint mellett dolgoznak, hogy képtelenek profittal értékesíteni, így a piacot az „alacsonyabban” fekvő költségfüggvények átlaga határozza meg, amely lefelé torzítja az árakat és felfelé a mennyiséget. Az árak és a mennyiség ingadozása ismét enyhén emelkedik a vállalatok heterogenitásának növekedésével. Érdekesebb képet kapunk, ha az egyedi árak és mennyiségek szóródását tekintjük, amit a 15. ábra tartalmaz.

15. ábra

Egyedi árak és mennyiségek szóródása a vállalatok heterogenitásának függvényében



Az egyensúlyi nagyságokra a leírt tendencia látható. Az egyedi árak szóródása nem változik jelentősen a heterogenitás növekedésével, azonban az egyedi mennyiségek relatív szóródása jelentősen, 3 százalékról 14 százalékra emelkedik. Ez azzal magyarázható, hogy ugyan a vállalatok eltérő költségfüggvénnyel termelnek, a piaci verseny miatt nem engedhetik meg maguknak, hogy nagyon eltérő árakon termeljenek, így a különbözőség a mennyiségekben fog lecsapódni. A magasabban fekvő egységköltségfüggvénnyel jellemezhető vállalat is igyekszik tartani a lépést az alacsonyabb költségű vállalatokkal, így hasonló árat fog kérni, hiszen a háztartások az ár alapján döntenek a keresletükről. A drágábban termelő vállalatok azonban csak kisebb mennyiséget tudnak előállítani ugyanazon az áron, mint a kisebb költséggel működő társaik. A 7. táblázat a szokásos eljárás keretében végzett regressziós becslések eredményét mutatja, amely eredmények jelen esetben alátámasztják a 14. és 15. ábrán látható tendenciákat. Mind az ár és a mennyiség ingadozása, mind az egyedi árak és mennyiségek szóródása is növekszik, ahogy a vállalatok sokfélesége növekszik.

#### 7. táblázat

OLS regressziók eredményei a vállalatok heterogenitásának hatására

	Átlagár	Össz- mennyiség	Az ár		Az egyedi vállalati	
			A mennyiség	ingadozása	árszintek	mennyiségek szóródása
Konstans	11,836***	2,737***	0,012*	-0,001	0,169***	0,009*
A vállalatok heterogenitásá- nak foka ( $\sigma F$ )	-3,432***	0,133***	0,040***	0,037	0,012***	0,130***
$R^2$	0,455	0,064	0,101	0,023	0,291	0,677

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

A vállalatok heterogenitása tehát enyhén növeli az egyensúlyi ingadozást. Az egyensúly helyzetét annyiban módosítja, hogy a heterogenitás következtében előfordulhatnak olyan vállalatok, amelyek semmilyen árszint mellett nem tudnak nyereségesen termelni, így ők kiszorulnak a piacról, aminek következtében az átlagos árszint alacsonyabb, a mennyiség pedig magasabb lesz.<sup>13</sup> Az egyedi értékek szóródására jelentős hatással van a vállalatok heterogenitása: minél inkább eltérnek egymástól a vállalatok, annál nagyobb lesz az egyedi mennyiségek szóródása. Az egyedi árak szóródása azonban a piaci verseny következtében nem változik.

<sup>13</sup> Hasonló tendencia előfordulhat a háztartások heterogenitása esetén is, azaz elképzelhető, hogy lesz olyan háztartás, amely semmilyen áron nem hajlandó venni, ami az árak felfelé torzulását eredményezi, azonban ettől a fenti elemzésben eltekintettünk.

## Összegzés

Szimulációink során egy egyszerű, a tradicionális Marshall–Walras-modellhez meglehetősen közel álló ágensalapú modellből indultunk ki. Megmutattuk, hogy egy-egy szereplő esetén a modellből adódó egyensúlyi helyzet megegyezik az analitikusan is levezethető, walrasi egyensúllyal. Hipotéziseink során azt vizsgáltuk, hogy milyen hatással van erre az egyensúlyra, ha fokozatosan távolodunk ettől a Marshall–Walras-modelltől, és növeljük a szereplők számát, figyelembe vesszük a nem tökéletes információáramlást, valamint a szereplők heterogenitását. Ezenfelül azt is megvizsgáltuk, hogy milyen hatása van az eltérő arányú ár- és mennyiségi alkalmazkodásnak.

A szimulációk eredményeit áttekintve néhány lényeges következtetés adódik. Egyfelől fontos rámutatnunk arra, hogy bár ilyen mechanizmust a felvázolt ágensalapú modell explicit módon nem tartalmaz, a vizsgált esetek mindegyikében a piac a szereplők szuverén döntésein alapuló módon valamilyen speciálisan értelmezett egyensúlyi állapot felé tart. Ez nem jelent fix piaci ár–mennyiség kombinációt, hanem mindkét nagyság egy egyensúlyi pont körül ingadozik, az ingadozás tartománya azonban jól definiálható. Maga az ingadozás azonban nem mutat precíz szabályosságot, bizonyos értelemben tehát kaotikus piaci mozgást tapasztalunk.

A kiinduló Marshall–Walras-modell azonban csak egy-egy szereplő esetén produkálja a főáramú közgazdaságtanból ismert eredményeket, a szereplők számának bővítése az árak és mennyiségek egyensúly körüli folyamatos ingadozását eredményezik. Tehát *nem igazolható az a tétel, hogy elegendő egy-egy reprezentatív szereplőt vizsgálni*, és a teljes piac is ugyanúgy fog viselkedni, még tökéletes információáramlás és teljesen homogén szereplők esetén sem. Az információáramlást vizsgálva beigazolódtott a feltételezésünk, miszerint *minél tökéletesebb az információáramlás, annál alacsonyabb az egyensúlyi értékek körüli ingadozás*. A szereplők heterogenitását tekintve alapvetően a vállalatok sokféleségének van meghatározó szerepe: *minél inkább eltérők a vállalatok, annál magasabb az egyedi mennyiségek szóródása*. Az egyensúly körüli ingadozás mértékére azonban a heterogenitás változása kevésbé jelentős hatással van.

A modell legfontosabb tanulsága, hogy a szereplők számának növekedése még homogén szereplők feltevése mellett is instabillá teszi a piaci működést. Ez a jelenség modellünkben elsősorban a vállalatok számának növekedése esetén jelentkezik, ez azonban abból a tényből fakad, hogy a kereslet modellezése megtartja a „klasszikus” keresleti függvény fogalmát. Realisabb keresleti oldal alkalmazása esetén azt várjuk, hogy a háztartások számának változása is megváltoztatja a piaci egyensúlyi stabilitási tulajdonságait.

A modellt számos irányba lehet továbbfejleszteni. Elsőként fontos kiterjesztése lenne a *háztartási oldal további részletezése*, kibővítése, például a *kilátáselemlet* figyelembevételével.

Továbbá érdemes lenne a vállalati oldalt is tovább mélyíteni, például a *vállalatok kapacitáskorlátjának* a bevonásával. Ebben az esetben a vállalat nem tudná a termelését „tetszőleges” mértékben emelni az árjelzések alapján, hanem csak olyan

mértékig, ameddig a rendelkezésére álló kapacitás engedi. Ennek következtében a kapacitás bővítése a vállalatok számára többletköltséget (beruházás) jelentene, valamint nagyobb lenne az időigénye is.

Ezenkívül a későbbiekben tervezzük a *termelők és a fogyasztók összekapcsolását*. Ebben az esetben a vállalatoknál felmerülő munkaerőköltség, valamint az esetleges profit a háztartásokhoz kerülne jövedelemként, amit később a háztartások fogyasztási javakra fordíthatnak. Itt akár a munkapiaci tökéletlenségeket is be lehet építeni a modellbe.

### Hivatkozások

- ARTHUR, W. B.–HOLLAND, J. H.–LEBARON, B.–PALMER, R. –TAYLER, P. [1997]: Asset Pricing Under Endogenous Expectations in an Artificial Stock Market. Megjelent: *Arthur, W. B.–Durlauf, S. N.–Lane, D. A.* (szerk.): *The Economy as an Evolving Complex System II*, Santa Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity, Vol. 27. Addison-Wesley, 15–44. 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.
- DE GRAUWE, P.–DEWACHTER, H.–EMBRECHTS, M. [1993]: *Exchange Rate Theory: Chaotic Models of Foreign Exchange Markets*. Blackwell, Oxford.
- DOSI, G.–FAGIOLO, G.–ROVENTINI, A. [2008]: The microfoundations of business cycles: an evolutionary, multi-agent model. *Journal of Evolutionary Economics*, Vol. 18. No. 3–4. 413–432. o.
- FARKAS MIKLÓS–HORVÁTH ÁRON–VINCZE JÁNOS [2010]: Ágens alapú tanulás a lakáspiaci Wheaton-féle modelljében. MKE éves konferencia, Budapest, november 19.
- FISCHER, S. [1977]: Long-term Contracts, Rational Expectations, and the Optimal Money Supply Rule, *Journal of Political Economy*, Vol. 85. No.191–205. o.
- FRANKEL, J. A.–FROOT, K. A. [1988]: Explaining the demand for dollars: International rates of return and the expectations of chartists and fundamentalists. Megjelent: *Chambers, R.–Paarlberg, P.* (szerk.): *Agriculture, Macro-economics, and the Exchange Rate*. Westview Press, Boulder, CO.
- GAFFEO, E.–GALLEGATI, M.–GOSTOLI, U. [2012]: An agent-based „proof of principle” for Wsalarasian macroeconomic theory. CEEL Working Paper, 2-12.
- HOWITT, P. [2007]: Macroeconomics with Intelligent Autonomous Agents. Paper presented at the festschrift in honor of Axel Leijonhufvud, UCLA, augusztus 30–31.
- KIRMAN, A. P. [1991]: Epidemics of opinion and speculative bubbles in financial markets. Megjelent: *Taylor, M.* (szerk.): *Money and Financial Markets*. Macmillan, London.
- LENGNICK, M. [2011]: Agent-based macroeconomics – a baseline model. Christian-Albrechts-University of Kiel, Department of Economics, Economics Working Papers, 04.
- LEIJONHUFVUD, A. [2006]: Agent-based macro. Megjelent: *Tesfatsion, L. K.–Judd, L.* (szerk.): *Handbook of Computational Economics*, Vol. 2. *Agent-Based Computational Economics*, Handbooks in Economics Series, North-Holland, 1625–1637. o.
- LUCAS, R.E. [1973]: Some International Evidence on Output-Inflation Tradeoffs. *American Economic Review*, Vol. 63. No. 3. 326–334. o.



- MANKIW, N.G. [2009]: *Macroeconomics*. Seventh Edition, Worth Publisher.
- NICOLAISEN, J.–PETROV, V.–TESFATSION, L. [2001]: Market Power and Efficiency in a Computational Electricity Market with Discriminatory Double-Auction Pricing. ISU Economic Report, No. 52.
- 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.
- ROTTEMBERG, J. J. [1982]: Sticky Prices in the United States. *Journal of Political Economics*, 90. No. 6. 1187–1211. o.
- SHONE, R. [2002]: *Economic Dynamics: Phase Diagrams and Their Economic Application*. Cambridge University Press, New York.
- TAYLOR, J. B. [1980]: Aggregate dynamics and staggered contracts. *Journal of Political Economy*, Vol. 88. No. 1. 1–23. o.
- TESFATSION, L. [2001]: Structure, Behavior, and Market Power in an Evolutionary Labor Market with Adaptive Search. *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol. 25. No. 3–4. 419–457. o.
- TESFATSION, L. [2003]: Agent-based computational economics: modeling economies as complex adaptive systems. *Information Sciences*, 149. 263–269. o.
- TESFATSION, L. [2006]: Agent-based computational economics: A constructive approach to economic theory. Megjelent: *Tesfatsion, L. K.–Judd, L. (szerk.): Handbook of Computational Economics*, Vol. 2. *Agent-Based Computational Economics*, Handbooks in Economics Series, North-Holland.
- 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. Essays in Honour of John Barkley Rosser Jr.* Springer, 313–332. o.