

OTDK-dolgozat

2025

Budapesti Corvinus Egyetem

Közgazdaságtan intézet

Kétdimenziós Térbeli Verseny: A Hotelling-modell kiterjesztése
Two-Dimensional Spatial Competition: Extension of the Hotelling-Model

Pintér Attila

Konzulens: Dr. Váry Miklós

Kézirat lezárásának dátuma: 2024.12.04.

Tartalomjegyzék

I. Bevezető	1
II. Szakirodalmi áttekintés	4
I.1. Ágens alapú modellezés	7
III. Modell felépítése	8
III.1. Modell szereplői.....	9
III.1.1. Fogyasztók	10
III.1.2. Vállalatok.....	10
III.1.3. Gazdasági mutatók	13
IV. Modell kiterjesztések.....	15
IV.1. Kétdimenziós kiterjesztés	15
IV.2. Korlátozott racionalitás bevezetése	15
IV.3. Költözési költség bevezetése.....	15
IV.4. Csőd megjelenése	16
V. Eredmények.....	16
V.1. Alapmodell vizsgálata.....	16
V.2. Árváltozás bevezetése	19
V.3. Korlátozott racionalitás bevezetése	25
V.4. Költözési költség bevezetése	30
V.5. Csőd bevezetése.....	34
VI. Konklúzió és kitekintés.....	37
VII. Felhasznált irodalom.....	39

Ábrajegyzék

1. Ábra: A gazdaság vizuális bemutatása	11
2. Ábra: Egyensúly két vállalat mellett egy- és kétdimenziós térben.....	17
3. Ábra: Egyensúly négy vállalat esetén konstans árak mellett.....	18
4. Ábra: Három és Öt vállalatszám esetén kialakult egyensúly változó árak mellett.....	20
5. Ábra: Min távolság különböző vállalatszám esetén	21
6. Ábra: Max távolság különböző vállalatszám esetén	21
7. Ábra: Átlagár alakulása a vállalatok függvényében	22
8. Ábra: Átlagár alakulása két vállalat esetén különböző szimulációkra	23
9. Ábra: Átlagár alakulása tíz vállalat esetén különböző szimulációkra	24
10. Ábra: Eltérés az egyenletes piaci részesedéstől több vállalat esetén	24
11. Ábra: Eltérés az egyenletes piaci részesedéstől különböző Lépés paraméterértékek mellett	26
12. Ábra: Aszimmetria mutató különböző Lépés paraméterértékek mellett	26
13. Ábra: Nash-egyensúly 10 vállalat esetén	27
14. Ábra: Egyensúlyi állapotban történő piaci változás	28
15. Ábra: Hét vállalat egyensúlyi elhelyezkedése	29
16. Ábra: Piaci koncentráció alakulása a Büntetés paraméter függvényében 1 Lépés érték mellett ..	31
17. Ábra: Aszimmetria alakulása a Büntetés paraméter függvényében 1 Lépés érték mellett	31
18. Ábra: Piaci koncentráció alakulása a Büntetés paraméter függvényében 3 Lépés érték mellett ..	32
19. Ábra: Aszimmetria alakulása a Büntetés paraméter függvényében 3 Lépés érték mellett	32
20. Ábra: Aszimmetria alakulása 2 Büntetés és különböző Lépés értékek mellett	33
21. Ábra: Költözési költség hatása az átlagárra és az átlag bevételre	34
22. Ábra: Piaci koncentráció alakulása különböző osztalékfizetések mellett 1 Lépés és 2 Büntetés értékek esetén	35
23. Ábra: Piaci koncentráció alakulása különböző osztalékfizetések mellett 3 Lépés és 2 Büntetés értékek esetén	35
24. Ábra: Saját tőke és átlagár alakulása az idő függvényében	36

I. Bevezető

A piaci versenyek során kialakuló üzleti stratégiák és piaci dinamikák megértéséhez elhanyagolhatatlan a vállalatok térbeli elhelyezkedésének figyelembevétele. A mindennapokban is látható, hogy hasonló jószágot értékesítő üzletek, közel helyezkednek el egymáshoz. Ezt a jelenséget már a Budapesti Corvinus Egyetem közelében is könnyen tapasztalhatjuk. Az egyetem mellett található Fővám téren is egymás mellett található egy Anna Café, egy Starbucks kávézó és egy Cafe Frei kávézó is. Szinte bármelyik teret tekinthetjük példaként, hiszen gyorséttermi üzletek sorban helyezkednek el ilyen csomópontokban. Ez a jelenség nem csak tereken jelenik meg a belvárosban, a hasonló szolgáltatást nyújtó üzletek csoportosulása egy utcában is megtörténhet. Jellegzetes budapesti példa erre a Falk Miksa utca, ahol régiség- és műtárgy-kereskedők sokasága található. Azonban kisebb formában is megvalósul a Rákóczi úton, ahol egymás mellett helyezkedik el egy Lira, egy Libri és egy Bookline könyvesbolt. Az üzletek efféle csoportosulása nem feltétlenül eredményez csomópontokat vagy tereket, ugyanis a városon kívül is előfordul a jelenség. Gyakran tapasztalható, hogy hipermarketek, mint a Tesco, Auchan és Metro, egymásra települnek a városok szélén. Mégis, a legegyszerűbb példa a benzinkutak jelenléte az autópályák mellett. Mint sofőr, azt szeretnénk, hogy az autópályákon minél szétszórtabban helyezkedjenek el a benzinkutak, hogy ne kelljen félni a lefulladástól. Eközben azt tapasztaljuk, hogy vagy több különböző benzinkút áll egymás mellett, vagy egy se.

A térbeli elhelyezkedés versenye nem csak földrajzi térben történhet, de a kínált termék karakterisztikájának terében is. A vállalatok képesek megváltoztatni a termékeik egyes jellemvonásait, hogy elkülönüljenek versenytársaiktól és imponáljanak a fogyasztóknak. Ezt megtehetik vertikális és horizontális termékdifferenciálással is. Vertikális differenciálás alatt azt értjük, amikor a vállalat egy objektíven mérhető tulajdonságot változtat meg a termékén, mint a minőség, ár, kalóriatartalom stb. A vertikális differenciálásra egyszerű példa egy Dacia és egy Porsche autó közti különbség. A termékek célja és használati módja megegyezik, csak más minőséggel rendelkeznek. Horizontális differenciálás alatt azt értjük, amikor a vállalat nem minőségbeli tulajdonságot változtat meg a terméken, mint például az íz, a szín vagy az illat. Konkrét példa a horizontális differenciálásra, amikor az autó színe piros vagy fekete. Mindkét esetben számít a fogyasztó preferenciája, hiszen saját maga dönti el, hogy a termék mely tulajdonságai számítanak, és hogy milyen minőségű terméket szeretne venni. A valóságban azt tapasztaljuk, hogy a helyettesítő termékek valóban hasonló karakterisztikákkal rendelkeznek.

Az autóiparban is az autók kinézetre nagyon hasonlóak, azonban minőségben és ezáltal árban is, annál jobban eltérnek.

Ezt a jelenséget már a XX. század elején is megfigyelték és kutatták. Harold Hotelling 1929-ben mutatta be úttörő modelljét, amely segít megérteni a földrajzi és a termékjellemzők terében zajló piaci versenyt. A modell a horizontális termékdifferenciálás versenyére összpontosít. A tanulmány nagy sikereket ért el, és számos további kutatás alapját alkotja. A modellben egy egyenes szakaszon egyenletesen szétszórva helyezkednek el a fogyasztók, míg két vállalat a szakasz két szélén. A fogyasztók minden esetben megvásárolják a vállalatok által árusított homogén terméket. A fogyasztónak két költsége van, a termék ára, illetve az utazás ára, így az egyes fogyasztók azt a vállalatot fogják választani, amely számukra a legolcsóbban kínálja a terméket. A vállalatok számára nincs semmilyen előállítási költség, így annyi mennyiséget állítanak elő és adnak el, ahány fogyasztó választja őket. A vállalatoknak költségmentesen lehetőségük van a szakaszon új helyre vándorolni, ezzel növelni a piaci részesedésüket, ezt követően pedig az árról döntenek. Mivel előbb a lokációról, majd az árról döntenek, így ez egy kétlépcsős játék. A vállalatok a szakasz közepe felé haladva képesek elvenni a másik vállalat fogyasztóit azzal, hogy közelednek feléjük, így csökkentve a fogyasztó és az elmozdult vállalat közti távolságot. Eközben a szélén elhelyezkedő fogyasztók megmaradnak, amíg nem halad át az egyik vállalat a másikon. A modell eredménye, hogy egyensúlyban a vállalatok a szakasz közepén helyezkednek el, az ettől való eltérés pedig a piaci részesedésüket csökkenti. Ezt a jelenséget minimális különbség elveként ismerjük (Hotelling, 1929). Ez az elnevezés azonban nem Harold Hotellinghez köthető, hanem Kenneth Boulding használta ezt az elnevezést először (Boulding, 1966).

A modell azonban nem csak a földrajzi térben történő versenyt mutatja be, hanem általánosítani lehet a termék tulajdonságára vonatkozóan. Maga Hotelling (1929) is a „távolságot” úgy használja, mint termékek közti eltérés. Ennek tudatában tegyük fel, hogy a szakasz a termék valamely tulajdonságát írja le. Tegyük fel, hogy a termék egy tetszőleges étel, amit minden fogyasztó el kell fogyasszon, hogy életben maradjon. Ekkor legyen a szakasz a felhasznált só mennyisége, ahol a kezdőpontja a 0 gramm só, míg a végpontja a 10 gramm só. A szakasz többi pontja pedig grammokban felhasznált só mennyisége. A fogyasztók a szakasz egy-egy pontján helyezkednek el, amellyel kifejezik a saját preferenciájukat, ami az idő múlásával is változatlan marad. A szakaszon elhelyezkedő vállalatok a mozgásukkal az ételük sótartalmát tudják változtatni. Tegyük fel, hogy nincs a terméknek ára, vagy mindkét vállalat ugyanolyan áron kínálja a terméket, és valóban csak a sótartalomban különböznek. Ekkor a

fogyasztó azt a vállalatot fogja választani, amely preferenciájához a közelebb álló terméket árusítja, azaz a szakaszon is közelebb helyezkedik el. Mivel a modell alapján egyensúlyban a vállalatok középen helyezkednek el, ezért mindkét vállalat ugyanolyan terméket fog árusítani, azaz megegyező sótartalmú ételt fognak előállítani. Tehát, a minimális különbség elve szerint, a vállalatoknak nem éri meg a versenytársaiktól nagyon eltérő terméket árulni, más szóval közel kell tartani a piaci versenytársakat. Ezzel a jelenséggel magyarázható az is, hogy a fagyjárások miért hasonló ízekben kínálják a fagylaltot, vagy hogy a politikai társulatok miért hasonlítanak egymásra. (Boulding, 1966)

A piac pontosabb reprezentációja érdekében egyéb tényezőkkel is bővíthető az eredeti modell. A kutatásom során a következő tényezőkkel fogom ezt megtenni: a vállalatok számának növelése, a piac két dimenzióra történő kiterjesztése, korlátozott racionalitás, költözés költsége és a csőd bevezetése. A dolgozat során ezen bővítések hatását fogom elemezni. A térbeli elhelyezkedést is jobban reprezentálja a kétdimenziós piac, de egy-egy dimenzió megfeleltethető egy-egy tulajdonságnak is. A vállalatok számára a korlátozott racionalitás bevezetése sokkal jobban tükrözi a valóságot. Ezáltal a vállalatok nem hozhatnak hirtelen nagy változásokat a termékükben, hanem folyamatosan kísérleteznek és konvergálnak a kívánt irányba. Mivel egyes vállalatoknak könnyebb a térbeli elhelyezkedés, míg másoknak a termékük változtatása, ezért a két dimenzióra való kiterjesztés megfelelően reprezentálja mindkét esetet. Természetesen mindkét eset költséges, ezért szükséges egy költözési költség bevezetése is. Ez a földrajzi térben megfeleltethető a gépek egyik gyárból a másikba történő szállításának költségével, míg a termékjellemzők terében pedig a kutatás és gyártási folyamat módosításának költségével. Nem minden vállalat lesz sikeres, és az se biztos, hogy nyereséges lesz. Egyik következménye, hogy a piacra be és kilépnek vállalatok, amelyre a már versenyző vállalatoknak reagálniuk kell. Ezt a hatást a csőd bevezetésével szeretném megvizsgálni.

Hotelling a problémát analitikus módszerekkel közelítette meg, míg a kutatásom során én ezt ágens alapú modellezéssel tettem. A dolgozatomban az alapmodellt lépésről lépésre bővítettem újabb és újabb kiterjesztésekkel, így megfigyelhető volt minden kiegészítésnek a hatása.

A modell két dimenzióra történő kiterjesztése nagyobb mozgásteret biztosított a térbeli elrendeződésekre, amely különböző formájú térbeli egyensúlyokat eredményezett. Két vállalat esetén teljesül Hotelling minimális különbség elve, több vállalat esetén máshogy jelenik meg a modellben. A vállalatok kognitív képességeinek csökkentése egyensúlyi állapotba terelte a

modellt. Az eredmények alapján ellentétes kapcsolatot láthatunk a kognitív képesség és az egyensúlyi állapot beállásának hajlandósága között. A kognitív képesség lehető legalacsonyabb szintre helyezése egyensúlyt teremtett az általam vizsgált legtöbb vállalat esetén is. Az árszínvonalától függő költözési költség bevezetése a magas áron értékesítő vállalatoknak kedvezett, amely megemelte a piaci átlagárát és az átlagbevételt. Alacsony vállalatszám mellett rontott, magasabb vállalatszám mellett javított az egyenletes piaci részesedésen. Az átlagbevétel alapján történő osztalékfizetés mellett, az alacsony áron értékesítő vállalatok nagyobb hajlandóságot mutattak a csődbe menésre, amely tovább emelte az átlagárát a modellben. Egy csődbe jutott vállalat más vállalatokat is lehúzott. Erre ellenállóbbnak bizonyultak az idősebb vállalatok, akik kellő tartalékot tudtak megtakarítani a nehezebb időkre.

A dolgozatom további felépítése a következőkből áll: A II. fejezetben bemutatom a Hotelling modell eddigi főbb kutatási eredményeit, illetve az ágens alapú modellezés alapjait. A III. fejezetben az általam épített modell kerül ismertetésre, ahol annak működéséről és szereplőiről lesz szó. Ezt követően, a IV. fejezet a modell különböző kiterjesztéseit ismerteti röviden. Az V. fejezet során az eredményeket mutatom be és dolgozom fel. Végül a VI. fejezet tartalmazza az kutatás eredményének összegzését és potenciális továbbfejlesztését.

II. Szakirodalmi áttekintés

Hotelling modelljét számos kutató terjesztette ki egyéb tényezőkkel, mint az utazási költségfüggvény megváltoztatása, fogyasztók térbeli eloszlásának megváltoztatása és további dimenziók bevezetése. Az így készült modelleket főleg analitikus megközelítéssel oldották meg, amely a játékelméleten alapszik. A legtöbb játék tökéletes racionalitást tételez fel a résztvevő feleknek, de a valóságban ez nem mindig van így. Ugyan a játékelméletben lehetőség van a szereplők racionalitásának csökkentésére, de ez gyakran követhetetlen eredményeket szül (Halpern és Pass, 2015). Hasonlóan, amennyiben a fogyasztók térbeli eloszlásához alternatív lehetőségeket rendelnénk, a modellekben nem jelenne meg Nash-egyensúly a tiszta stratégiák halmazán. Amikor a fogyasztók eloszlása nem egyenletes, hanem a piac szélein klasztereződnek, csak a kevert stratégiák halmazán alakul ki egyensúly (Caplin és Nalebuff, 1991). A részleges racionalitással jellemző szereplők modellezésére egy megfelelő módszertan az ágens alapú modellezés. Az ágens alapú problémamegközelítés megfelelő eszköz az emergens jelenségek megértéséhez. Szimulációk segítségével a szereplők állapotainak változását és közöttük történő interakciókat figyelhetjük meg, és a kapott folyamatokat idősorosan elemezhetjük. Az ágens alapú modellezés egyre divatosabb a kutatók körében,

hiszen a fejlődő technológia lehetővé teszi a mikroszintű interakciók hatását makroszinten vizsgálni. Ugyan a módszertant főleg fizikai és biológiai kutatásokban alkalmazzák, egyre elterjedtebb a közgazdasági modellek körében is.

Eaton és Lipsey (1975) az elsők közt voltak, akik a térbeli verseny problémáját nem teljesen analitikusan, hanem ágens alapú megközelítéssel vizsgálták meg. Ugyan a modell nem tekinthető teljes mértékben ágens alapú modellnek, de a tanulmányban szereplő gondolatok nagyban hasonlítanak arra. Két típusú szereplő van a modellben, a vállalatok és a fogyasztók. A vállalatok profitot maximalizálnak, míg a fogyasztók költséget minimalizálnak. A kutatásukban egy és két dimenzióban is elvégezték a szimulációt több vállalattal is. A saját megfogalmazásuk, miszerint két dimenzióban már közel lehetetlen analitikus módon megállapítani, hogy egy konfiguráció egyensúlyt képez-e. A modellben az árak nem változnak, azonban a terület már végtelen, így kifelé is lehet terjeszkedni. A piacot kör alapúnak építették fel, amelyből a vállalatok kifelé is elmozdulhatnak. Az eredményeik megmutatták, hogy több vállalat esetén nem teljesül a minimális különbség elve a megszokott értelemben. Azt tapasztalták, hogy az újra helyezkedő vállalatok gyakran igyekeznek minél közelebb költözni egy másik vállalathoz. Több vállalat esetén a vállalatok kis csoportokat alkotnak ahelyett, hogy egymásra épülnének. A Hotelling modellben bemutatott minimális különbség elve így csak két vállalat esetén teljesült. Általánoságban elmondható, hogy nem minden esetben alakult ki egyensúly, és nagy befolyással bírtak a mozgásra ható tényezők. Az egyik ilyen tényező a kör alakú mozgástér, illetve a határtalan piac. A szerzők szerint ezen tényezők miatt a modell folyamatosan dinamikus, ezért nem áll be egy stabil egyensúly.

Az alapfeltevésre épült egy online ingyenesen elérhető szimulációs modell Ottino et al. (2009) jóvoltából. A szimulációban egy és két dimenzióban is kísérletezhetünk tetszőleges számú vállalattal. A vállalatok először véletlenszerűen megváltoztatják a pozíciójukat, majd árat változtatnak a profit maximalizálása céljából anélkül, hogy tisztában lennének a többi vállalat árazási stratégiájával. A modellt kritizálja Lijesen és van Leeuwen (2016), akik hiányolják a vállalatok közti interakciókat, hiszen a vállalatok csak a pillanatnyi állapotra reagálnak, de nem kalkulálnak a másik vállalat döntésével. Lijesen és van Leeuwen (2016) célja az ágens alapú megközelítés kombinálása a játékelmélettel. A játékelmélet definíciója Shoham és Leyton-Brown (2009. 47. o) alapján „A játékelmélet az önálló, önérdékkövető ágensek közötti interakciók matematikai tanulmányozása”¹. Tehát, az ágensek tudják egymásról, hogy

¹ Saját fordítás

döntéseik hatást gyakorolnak a többi szereplőre is. Ennek elérése érdekében, Lijesen és van Leeuwen (2016) a sakk robotok által használt megközelítést alkalmazta, amikor a vállalatok megvizsgálták az összes lehetőség kimenetelét, majd a legnagyobb hozamot jelentő lépést választották. A fogyasztók oldaláról pedig kvadratikusan utazási költséget tételeznek fel, illetve Anderson et al. (1992) kutatásban bemutatott valószínűség-alapú, logit modellt alkalmaztak a vállalatválasztásra. A vállalatválasztási módszer bevezetésével, ez lett az első tanulmány a térbeli verseny kutatására, amely heterogén fogyasztókat modellezett. A használt modell azonban tökéletes racionalitást és informáltságot tételez fel, amit a szerzők is megemlítenek, hogy további kutatási kérdéseket vet fel annak elutasítása. A szimulációkat egydimenziós szakaszon végezték két vállalattal, különböző valószínűség-eloszlásokkal. Az eredmények eltérőek, azonban a homogén, illetve „közel homogén” fogyasztók esetében mindkét vállalat középen helyezkedik el, amely alátámasztja Hotelling modelljét.

Masashi és Hidetoshi (2018) tanulmányban Tabuchi (1994) analitikus modelljét fejlesztették ki ágens alapú modellé. A modell egy kétdimenziós téglalap alakú rács és a fogyasztók kvadratikusan utazási költséggel rendelkeznek. A tanulmányban említik, hogy Tabuchi (1994) szerint, egy téglalap alakú piaci területen, a vállalatok az egymás közti távolságot maximalizálják a hosszabb tengelyen és minimalizálják a rövidebb tengelyen, ezzel pedig elkerülhetik az árversenyt. A modellben a vállalatok az ár és a lokációs döntésük során is a fogyasztók rezervációs árait veszik figyelembe. A vállalatok célja egy olyan ár és elhelyezkedés kialakítása, amely mellett még éppen nem a másik vállalatot választja a fogyasztó. A szimulációkat elvégezték Hotelling (1929) modelljével is, illetve további három esetet vizsgáltak. Kétdimenzióban a fogyasztók elhelyezkedésének hatását elemezték négyzetrácsos, egyenletes és koncentrált eloszlás mellett is. Az eredményekben látható, hogy a vállalatok eltávolodnak egymástól, és potenciálisan elhagyják a piac területét is. Ezt a kvadratikusan utazási költség miatt tehetik meg. A szélén elhelyezkedő fogyasztók hajlamosak nagy összeget fizetni, minthogy kifizessék a négyzetes utazási távolságot a piac közepe felé. Ez alátámasztja Tabuchi (1994) eredményét, hogy egyik vállalat se tartózkodik a téglalap alakú piaci területén, ha ez megengedett, illetve mindkét vállalat a rövidebb él közepe környékén helyezkedik el. Az eredmény mögöttes tartalma, hogy ugyan a lokációs verseny egymáshoz vonzza a vállalatokat, az árverseny taszítja őket egymástól. A téglalap alak miatt az árverseny ereje nagyobb hatással bír, ezért végeredményben távol fognak elhelyezkedni a vállalatok. Ez a feltételezés analitikus és ágens alapú megközelítéssel is bizonyított.

A Hotelling modellt főleg analitikusan elemezték, az ágens alapú megközelítésének főbb eredményeit az eddig bemutatott modellek tartalmazták. Analitikus módszertannal születtek eredmények, amiket érdemes lehet ágens alapú modellezéssel is tesztelni. Az alapmodell különböző kiterjesztéseit Ricardo és Isabel (2013) foglalja össze. Az első úttörő gondolat a d'Aspremont et al. (1979) tanulmányban szerepel, amikor először rendeltek kvadratikus utazási költséget a fogyasztók számára. Ennek eredménye a maximális különbség elv, ami egyenes ellentétje a Hotelling modellnek. A vállalatoknak megéri maximálisan differenciálniuk a termékeiket, hogy az árverseny során minél nagyobb árat kérhessenek. A következő kimagasló kiterjesztés Hamilton et al. (1991) kutatáshoz köthető. A modellben a vállalatok nem ismerik a fogyasztók lokációit, ezért a fogyasztók alkudozhatnak az árról. A modell eredménye, hogy a vállalatok a szociális optimum körül helyezkednek el, azaz a 0,25 és a 0,75 pontok környékén. A következő fontos tanulmány Irmen és Thisse (1998), amikor N dimenziós piacot tételtek fel. A modell eredménye, hogy egyensúly alakul ki, ha a vállalatok maximálisan megkülönböztetik egy dimenzióban a termékeiket, az összes többiben pedig középre tömörülnek. Ricardo és Isabel (2013) úgy fogalmazták, hogy „Hotellingnek majdnem igaza volt”², ugyanis a minimális különbség elve teljesül, csak nem a terméket leíró fő dimenzióban.

I.1. Ágens alapú modellezés

Az ágens alapú modellezéssel a komplex rendszerek működését vizsgáljuk szimulációk segítségével. A rendszer vizsgálatát annak részei közti interakciók modellezésével tesszük. A modell építése során autonóm ágenseket definiálunk, amelyek lehetnek piaci mechanizmusok is, de általában egy gazdasági szereplőt testesítenek meg (Farmer és Foley, 2009). Az ágensek heurisztikákat követnek, amelyeket matematikai egyenletek testesítenek meg. Képesek az adaptációra, az egymással történő interakciókból való tanulásra. Fontos, hogy az ágensalapú modellezés során nem tételezünk fel egyensúlyt, és a mikroszintű interakciók modellezésével figyeljük meg a makroszinten kibontakozó, emergens jelenségeket. Az ágensek képesek a tanulásra, hogy visszatekintsenek a történelemre és tanuljanak a hibájukból. Ennek köszönhetően az ágens alapú modellezés képes komplexebb egyenletekkel is dolgozni, mint a legtöbb egyensúlyt feltételező modell (O'Sullivan és Haklay, 2000). Az ágensek tetszőleges egyenletekkel definiálhatóak, ezért az őket gátló és vezérlő feltételeket a modellező állítja elő.

² Saját fordítás

Az ágensalapú modellezés előnyei a Hotelling modell szimulálásában, amelyekkel a kutatásom során éltem (Váry, 2015):

1. Heterogén gazdasági szereplők: A vállalatok a szimuláció során folyamatosan változtatják áraikat, pozíciójukat, amely ex post és endogén heterogenitást eredményez a modellben.
2. Korlátozott racionalitás: Az ágensek a hasznosságukat próbálják maximalizálni, de nem rendelkeznek kellő kognitív képességekkel, hogy optimálisan viselkedjenek. Racionálisak, hiszen céljaikat szeretnék megvalósítani, de ezeket egyszerű hüvelykujjszabályok szerint teszik.
3. Tökéletlen informáltság: A szereplők nem ismerik a gazdaság pontos struktúráját, annak működését, és nincsenek tisztában minden olyan információval, amit a gazdaságról tudni lehet.
4. Nem egyensúlyi feltevés: Nincs feltételezve, hogy a piac automatikusan egyensúlyba kerül, az ágensek közti interakciók eredményezhetik a modell egyensúlyát.

A kétlépcsős játékok esetében az analitikus modellezést felválthatják az ágensek használata, ha visszafelé indukciót alkalmazunk (Aumann, 1955). Ennek lényege, hogy visszafelé haladva először az utolsó, végül az első döntést oldják meg először az ágensek. Ekkor implicit feltételezzük a tökéletes informáltságot és tökéletes racionalitást, azaz, hogy a szereplők ismerik előző lépésben szereplő döntéseiket és azok hatásait. Ezt a gondolatot nehéz feltételezni, hogy érvényes lenne egy komplex rendszerben, de egy kényelmes eszköz az analitikus megközelítés átalakítására az egyszerűbb modellek esetén. Az ágens alapú modellezés nem felváltja, hanem kiegészíti az analitikus modellezést. A kettő kombinálása lehetővé teszi a feltételezések lazítását és a viselkedések pontosabb megfogalmazását (Macy és Flache, 2009).

III. Modell felépítése

A modell elkészítéséhez a Laboratory for Simulation Development szoftvert használtam. A modell két féle ágenszt tartalmaz, illetve egy rácshálót, mint környezetet. A kétdimenziós teret egy 10x20 méretű rács szimbolizálja, ezzel megjelenik a rövidebb és hosszabb él, így az eredmények összevethetőek lesznek a Masashi és Hidetoshi (2018) tanulmánnyal. Hotelling alapmodelljét is megvizsgálom egydimenziós rácson, amire a hosszabb élet fogom használni. A fogyasztók a költséget minimalizálják, a vállalatok a

profitjukat maximalizálják. A fogyasztók a rács celláiban helyezkednek el, azaz összesen 200 vásárló lesz jelen a modell minden kiterjesztése során. A vállalatok száma változó, legalább 2 és maximum 10 vállalat viselkedését fogom megvizsgálni. Ezen ágensek az inicializáció során véletlenszerű lokációt kapnak a piac területén, amelyet idővel változtatni tudnak. A fogyasztók minden periódusban megvásárolnak pontosan 1 terméket, így a számukra legolcsóbban elérhető fogják választani. A vállalatok nem rendelkeznek előállítási költséggel, így minden eladott termékből származó bevétel megegyezik a profittal.

Néhány fontos feltétel, amely befolyásolja a modell kimenetelét:

- Egy vállalat és egy fogyasztó elhelyezkedhet ugyanabban a cellában anélkül, hogy kiütnék egymást. Ekkor a fogyasztó utazási költsége 0 ehhez a vállalathoz.
- Két vállalat elhelyezkedhet ugyanabban a cellában anélkül, hogy az egyik elvenné a másiktól az összes fogyasztót. Amikor a fogyasztó két vállalatot ugyanakkora költségűnek ítél meg, véletlen számok segítségével dönti el, hogy melyiket választja.
- A rács zárt és a szélek nem szomszédosok, azaz az első sor elemei a lehető legtávolabb vannak az utolsó sor elemeitől.

A modellben négy fő folyamat történik minden periódusban, a következő sorrendben:

1. Minden vállalat lehetőségeit felmérve meghatározza a termékének árát.
2. Egy véletlenszerűen választott Kereső vállalat lehetőségeit felmérve megváltoztatja elhelyezkedését.
3. A fogyasztók felméri lehetőségeiket és a legolcsóbban hozzáférhető terméket megvásárolják.
4. Gazdaságot leíró statisztikák kiszámítása.

A legtöbb modellben minden vállalat egyszerre hozza a döntését. Ötletet merítve az egyik híres ágens alapú probléma megközelítésből (Schelling, 1971), periódusonként egyszerre egy vállalat fog döntést hozni a lokációjáról. Az árról az összes vállalat döntést hoz mindegyik periódusban. Az ágensek segítségével megfigyelhető a helyváltoztatási dinamika, nemegyensúlyi esetekben is. A modellben nem tételezek fel egyensúlyt, de az ágensek interakciói Nash-egyensúlyba vezethetnek.

III.1. Modell szereplői

A modell egy kétszereplős ökoszisztémát alkot, ahol a fogyasztók a költségeiket minimalizálják, a vállalatok a profitjukat maximalizálják, és a köztük lévő interakciókat a piaci

mechanizmus befolyásolja. Az inicializációt követően, a vállalatok által kialakított piacról statisztikákat készít a modell, amit a környezet nem interaktáló része végez el. Ezt elképzelhetjük úgy is, mint egy statisztikai hivatalt, ami csak a megfigyelő szerepét tölti be, és nincs hatással a piaci mechanizmusokra. A fogyasztók és a vállalatok az inicializációt követően döntéseket hoznak a saját érdekeiket követve, miközben felmérik lehetőségeiket.

III.1.1. Fogyasztók

A fogyasztó ágens két paraméterrel és egy változóval rendelkezik, ez a két paraméter az oszlop és sor koordinátája, amelyek nem változnak. A változó értéke pedig az általa választott vállalat színekódja lesz. Ennek meghatározására minden vállalatnál végig iterál, és a legkisebb költséget jelentő vállalatot választja. A fogyasztó két költséget fizet, az utazási költséget és a termék árát. Az utazási költség egyenesen arányos a távolsággal, a termék árát pedig a vállalat dönti el. Az utazásra költött összeg megegyezik a vállalat és a fogyasztó közti Euklideszi távolsággal (1).

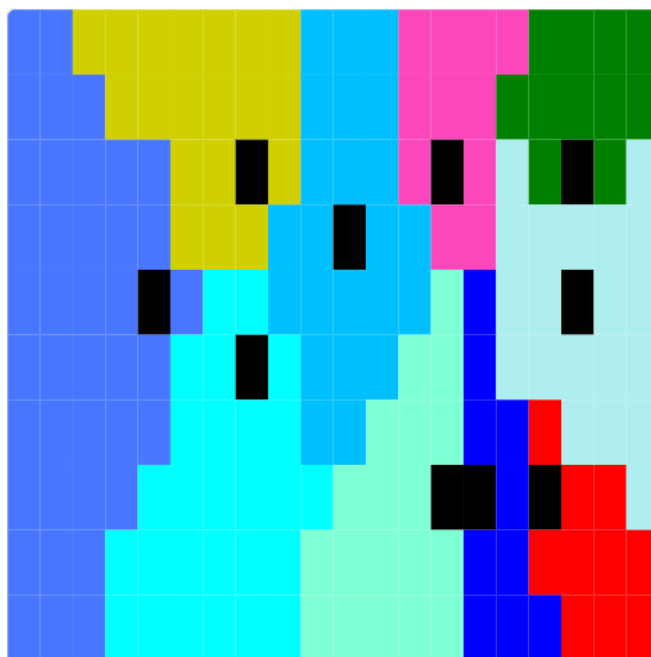
$$Távolság = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (1)$$

Az (1) egyenlet az (x_1, y_1) és (x_2, y_2) koordináták közti távolságot számolja ki. Esetünkben (x_1, y_1) a fogyasztó koordinátája, (x_2, y_2) pedig a vizsgált vállalat koordinátája.

A fogyasztó végig iterál a vállalatokon, és kiszámolja melyik vállalat mekkora költséget jelent számára. A vállalatokon sorban haladva megjegyzi az addigi legalacsonyabb költséget jelentő vállalatot. Amennyiben az egyik következő vizsgált vállalat alacsonyabb összköltségért kínálja a terméket, lecseréli a megjegyzett vállalatot. Könnyen megtörténhet, hogy a fogyasztó számára két vagy több vállalat ugyanazt a költséget jelenti. Egyszerre egy vállalatra számolja ki a költségeit, ezért egyezés esetén, egy érmedobás segítségével dönti el, hogy melyik vállalatot választja. Miután a fogyasztó minden vállalatot megvizsgált, felveszi az általa választott vállalat színekódját, azaz azonosítóját.

III.1.2. Vállalatok

A vállalatok száma N , amely szimulációtól függően 2-10 lehet. Ebben a gazdaságban nincs termelési költség, ezért a bevétel megegyezik a profittal. Véletlen számok segítségével az inicializációs időszakban megkapják koordinátájukat a rácson, illetve egy színekódot, amelyet a vállalatot választott fogyasztók fognak felvenni. A vállalat minden esetben fekete színnel jelenik meg az ábrákon, míg az őket választott fogyasztók színei megegyeznek a vállalat színekódjával. Az eddig leírtakat az 1. Ábrán lehet megtekinteni. A színek segítségével jól látható, hogy melyik fogyasztó melyik vállalatot választotta.



1. Ábra: A piac vizuális bemutatása
Forrás: saját szerkesztés

A vállalat ágensok 7 változóval és egy paraméterrel rendelkeznek. A paraméter a már említett színkód, amely azt mutatja meg, hogy melyik fogyasztók választották az adott vállalatot. Ennek értékét a vállalat az inicializáció során kapja meg. Az ágens változói pedig az Oszlop és Sor koordinátájának értéke, a Kereső binomiális változó, az Eladott mennyiség, az Ár, a Bevétel és a Saját tőke.

A vállalatok a már említett visszafelé indukció segítségével keresik a legjobb döntést. Először minden vállalat az árról dönt, majd a lokációról. A legtöbb tanulmányban minden vállalat optimalizálja mindkét döntését, de a modellemben a lokációt periódusonként csak egy vállalat lesz képes megváltoztatni. Az ötletet az egyik első társadalomtudományi ágensalapú modellből merítettem, Schelling szegregációs modelljéből. Schelling modelljében egy-egy véletlenszerűen választott elégedetlen lakó költözhetett át egy üres lakásba, így megfigyelhető volt a nemegyensúlyi dinamika.

Az induló Oszlop és Sor értékeket a vállalatok az inicializáció során kapják meg, amelyek változnak a vállalatok elhelyezkedésének változásával.

Kezdetben, minden vállalat 5 egységáron kínálja termékét, amit később változtathat. Tehát minden vállalat induló Ár változója 5. Az általam épített modellben, minden vállalat minden periódus kezdetén eldönti, hogy milyen áron kínálja a termékét a jelenlegi periódusban. Ekkor legjobb tudásuk szerint optimalizálják döntésüket. A vállalatok tisztában vannak az előző periódusbéli árakkal és koordinátákkal, illetve arra számítanak, hogy a többi vállalat nem

változtatja meg az árát az előző periódushoz képest. Ezáltal a vállalatok adaptív várakozásokat képeznek. Az árdöntési mechanizmus valójában a vállalat lehetőségeinek a felmérése, amikor a fogyasztók vállalatválasztási algoritmusát használva felméri mekkora a várható bevételük az egyes árakra. A várható bevétel számítása során az előző periódus áraival és koordinátaival számolnak. Minden lehetőségüket felmérve kiválasztják a várható legnagyobb bevételt generáló árát. A változó értéke csakis egész szám lehet, ezért a legkisebb érték, amit felvehet az az 1. Ez alatti Ár esetén negatív vagy 0 lenne a vállalat bevétele.

A vállalatok számára közismert, hogy mennyi fogyasztó és termelő van a piacon, ezért tudják azt is, ha az átlagnál kevesebb eladásuk van. A Kereső tulajdonság egy bináris változó, amely az 1, mint Igaz, és 0, mint Hamis értéket veheti fel. Az értéke 1, ha átlag alatti és 0, ha átlag feletti Eladott mennyiséggel rendelkeznek. Az átlag minden esetben megegyezik az összes fogyasztó és a vállalatok számának hányadosával, lefelé kerekítve. A változó célja, hogy a kevés Eladott mennyiséggel rendelkező vállalatok kereshessenek újabb fogyasztókat a piacon, helyváltoztatás segítségével. Kiemelném, hogy egy vállalat akkor is Kereső, ha a legnagyobb profitot realizálja, de kevés fogyasztóval rendelkezik. A Kereső vállalatok csak esélyt kapnak arra, hogy megváltoztassák helyzetüket, nem kötelezettséget. Amennyiben a helyváltoztatás bevételecsökkenéssel jár, nem élnek a lehetőséggel. A lenti egyenlet (2) segítségével számolom ki a Kereső változó értékét, ahol a t a vizsgált periódus száma, i a vizsgált vállalat ágens indexe, N a vállalatok száma, és M a fogyasztók száma.

$$Kereső_{t,i} = \begin{cases} 0, & \text{ha } Eladott\ mennyiség_{t-1,i} > \frac{M}{N} \\ 1, & \text{ha } Eladott\ mennyiség_{t-1,i} < \frac{M}{N} \end{cases} \quad (2)$$

Az ár döntést követően összesen egy, véletlenszerűen választott Kereső vállalat képes lesz elmozdulni jelenlegi pozíciójától, amennyiben az magasabb profitot eredményez. Ekkor ez a vállalat már tiszttában van az általa választott árral, azonban a többi vállalat előző áraival, és jelenlegi lokációival számol. Hasonlóan az ár döntés mechanizmusához, a vállalat felméri az összes lehetőségét, és a legnagyobb várható bevételt eredményező cellába költözik.

A vállalatokat később a korlátozott racionalitás jellemzi. Ezt egy változtatható Lépés nevű külső paraméter segítségével vezetem be. A paraméter a vállalatok kognitív képességeit reprezentálja. A paraméter értéke azt mondja meg, hogy mekkora ár vagy koordináta változás kimenetelét vizsgálja meg a vállalat. Tehát, ha a paraméter értéke 1, akkor a jelenlegi pozíciójához mérten maximum 1 mezőt mozdulhat el, így ezeket fogja megvizsgálni. Moore-

féle szomszédságot tételezek fel a vállalatok részéről, ezért a nem széleken tartózkodó vállalatoknak 8 szomszédja van, így ezt a 8 cellát fogja megvizsgálni. Ugyanez vonatkozik az ár döntésre is, ha a termék jelenlegi kínált ára 5, akkor csak a 4 és a 6 eseteket vizsgálja meg. Ehhez hasonló módon működik Ottino et al. (2017) modellje is, ahol a Lépés paraméter végig az 1 értéket veszi fel.

Az Eladott mennyiség az értékét csak a fogyasztók vásárlása után veszi fel, és a változó értéke akkora lesz, ahány fogyasztó választotta a vállalatot. Az így kapott érték és a vállalat által meghatározott ár szorzata pedig megegyezik a Bevétel értékével.

A vállalatok egy induló Saját tőkével rendelkeznek. Ez nem a szó szoros értelmében egyezik meg a való életben használt saját tőke kifejezéssel, de segít megérteni a változó célját. Az induló saját tőke megegyezik a vállalat piacra lépésekor az átlagár és az átlagos eladott mennyiség szorzatával. Az átlagos eladott mennyiség pedig egy konstans érték, a fogyasztók száma és a vállalatok számának hányadosa. A Saját tőke értéke a modellben több módon is változhat, amelyről később lesz szó. A változó lényege, hogy az átlagos bevétel alatt működő vállalatok Saját tőkéje csökkenjen, és ha 0 alá esik annak értéke, csődbe menjen a vállalat.

III.1.3. Gazdasági mutatók

A gazdaságban egy szimuláció 1000 periódusig történik Ottino et al. (2017) tanulmányához hasonlóan. Ez a periódusszám elég ahhoz, hogy kialakuljon egyensúly, ha a modell kezdeti konfigurációjából kialakulhat egyensúly. Saját tapasztalatom, hogy amennyiben egyensúly alakul ki a piacon, az az első 500 periódusban már megtörténik.

Minden vállalatszámra 10 különböző szimulációt futtattam, a véletlen magot 1-től 10-ig változtatva. A szimuláció leáll az 1000-dik lépést követően, és az ekkor kiszámolt mutatókat értelmezem. A piaci koncentráció meghatározásához két változót használtam. Az egyik egy ismertebb mutató, a Herfindahl-Hirschman Index (később HHI), a másik pedig egy saját gondolat eredménye, amelyet Aszimmetria névvel illettem.

A változók értékeit a következőképpen lehet megkapni:

- Herfindahl-Hirschman Index: Piaci koncentrációt leíró mutató:

$$HHI = s_1^2 + s_2^2 + \dots + s_n^2 \quad (3)$$

Az egyenletben az s_i az i -edik vállalat piaci részesedése. Értékét lehet tizedestörtként, illetve annak tízezerszeresével kifejezni, ennek függvényében értéke $[1/n, 1]$ vagy $[10000/n, 10000]$ intervallumban van. Tehát a minimuma az egyenletes piaci részesedés.

- Aszimmetria: A legnagyobb és legkisebb piaci részesedéssel rendelkező vállalatok hányadosa, mínusz egy. Ez megadja, hogy a legkevesebb fogyasztóval rendelkező vállalathoz képest, hány százalékkal rendelkezik több fogyasztóval a legsikeresebb vállalat.

$$Asszimetria = \frac{\max(Bevétel_i)}{\min(Bevétel_j)} - 1, \text{ ahol } i, j \in N, i \neq j \text{ és } N \text{ a vállalatok száma} \quad (4)$$

A vállalatok közti távolságok mérésére a Max távolság és Min távolság változókat számoltam ki. Ezek eredménye a maximum és minimális különbség elvét támasztják alá és vetik el. A távolságokat a már említett Euklideszi távolsággal (2) határoztam meg. A változókat a következő módon definiáltam:

- Max távolság: Minden szomszédos vállalatpárost megvizsgálva a köztük lévő legnagyobb távolság
- Min távolság: Minden szomszédos vállalatpárost megvizsgálva a köztük lévő legkisebb távolság

IV. Modell kiterjesztések

A modell építése során egyesével adom hozzá a további kiterjesztéseket. Első lépésben a vállalatok számát emelve vizsgálom teljes informáltság mellett, hogy továbbra is teljesül-e Hotelling alapfeltevése egydimenziós rácson. Ezt követően bővíttem a modellt további kiterjesztésekkel.

IV.1. Kétdimenziós kiterjesztés

Az alapmodellt az egydimenziós szakasról kétdimenzióra emelem. Ennek során egy téglalap alakú piac jön létre, ahol az egyik él rövidebb, mint a másik. A fogyasztók száma ezzel 20-ról 200-ra emelkedik. A vállalatok számának növelésével vizsgálom a kiterjesztés hatását, azaz, hogy mennyire eltérő eredmények születnek az egydimenziós esethez képest.

IV.2. Korlátozott racionalitás bevezetése

A vállalatok kognitív képességeit csökkentve, nem képesek a globális optimalizálásra, csak lokálisan tudnak optimális döntést hozni. Ez azt jelenti, hogy nem elemzik ki az összes lehetséges árat és lokációt, pusztán bizonyos mennyiségű változást hajthatnak végre. Ezt egy változtatható paraméter segítségével lehet növelni és csökkenteni. A paraméterről részletesebben olvasható a vállalat, mint szereplő bemutatása során.

IV.3. Költözési költség bevezetése

A továbbiakban a véletlen választott vállalat csak akkor vált lokációt, ha a következő periódusban várható profitja meghaladná a költözés költségét és a jelenlegi elhelyezkedésén szereshető profitot. A vállalatok rövid távon gondolkodnak, így a szállítási költségeket fedeznie kell a várható többletprofitnak. Ez azért is szükséges, mert a vállalatok bizonytalansággal néznek szembe, hiszen nem ismerik a többi vállalat által választott árakat. A költözési költség az előző periódusban a vállalatok által meghatározott árak átlaga és a jövőbeli pozíciótól mért Euklideszi távolság, szorozva a Büntetés paraméterrel (5). A változó átlagár bevonása az egyenletbe szükséges, hiszen a szimuláció során folyamatosan változnak az árak, már a vállalatok számának függvényében is. Az átlagárral pedig a gazdaság árszínvonalát lehet megragadni.

A költözés költsége egy lineáris függvény, amit a következő egyenlet mutat be:

$$\text{Költözési költség} = \text{Büntetés} * \frac{\sum_{i=1}^N p_i}{N} \cdot l, \text{ ahol } l \text{ az Euklideszi távolság} \quad (5)$$

IV.4. Csőd megjelenése

A veszteséges vállalatok csődbe mennek, ha a saját tőkéjük értéke 0 alá csökken. Minden periódusban változik a vállalatok saját tőkéje annak függvényében, hogy mekkora bevételre tettek szert a többi vállalatához képest. A jól teljesítő vállalatok tőkéje növekszik, míg a rosszul teljesítő vállalatoké csökken. Amikor egy vállalat már nem rendelkezik saját tőkével, egy új vállalat lép a piacra, véletlen koordinátákkal és az aktuális átlaggal. A kiterjesztés célja a vállalatok adaptálódásának megfigyelése a változó versenytársak esetén. A saját tőke változásának mechanizmusát a dolgozat későbbi részében mutatom be.

V. Eredmények

Hotelling (1929) tanulmányában megállapította, hogy két versenyző vállalat, akik képesek elhelyezkedésük változtatására egy egyenes szakaszon, egymás mellett fognak elhelyezkedni. Ezt az anomáliát a minimális különbség elvének ismerjük. Ezzel a jelenséggel magyarázható, hogy egyes termékek miért hasonlítanak egymásra.

Sok közgazdász bemutatta már, hogy a modell érzékeny a kezdeti feltevésekre, amelyek megváltoztatása után nem teljesül az említett elv. Az általam épített modellben először minden vállalat meghatározza az adott periódusban kínált árát, majd összesen egy véletlenszerűen választott vállalat mozdulhat el.

V.1. Alapmodell vizsgálata

Első lépésben megvizsgáltam az alapmodellt egy- és kétdimenziós térben is, ezzel elemezve a kétdimenzióra történő kiterjesztés hatását. A modellben a vállalatok csak a térbeli elhelyezkedésben versenyeztek, és ugyanazzal a konstans árral rendelkeztek. Minden periódus végén egy véletlenszerűen kiválasztott Kereső vállalat, figyelembe vette a többi vállalatot és felmérte a lehető legjobb lokációt, majd abba a cellába költözött. A szimulációk során a vállalatok számát folyamatosan növeltem egyesével, összesen 10-ig. A verseny elemzésére az általam készített Aszimmetria mutatót és a Herfindahl-Hirschman Indexet (HHI) használtam.

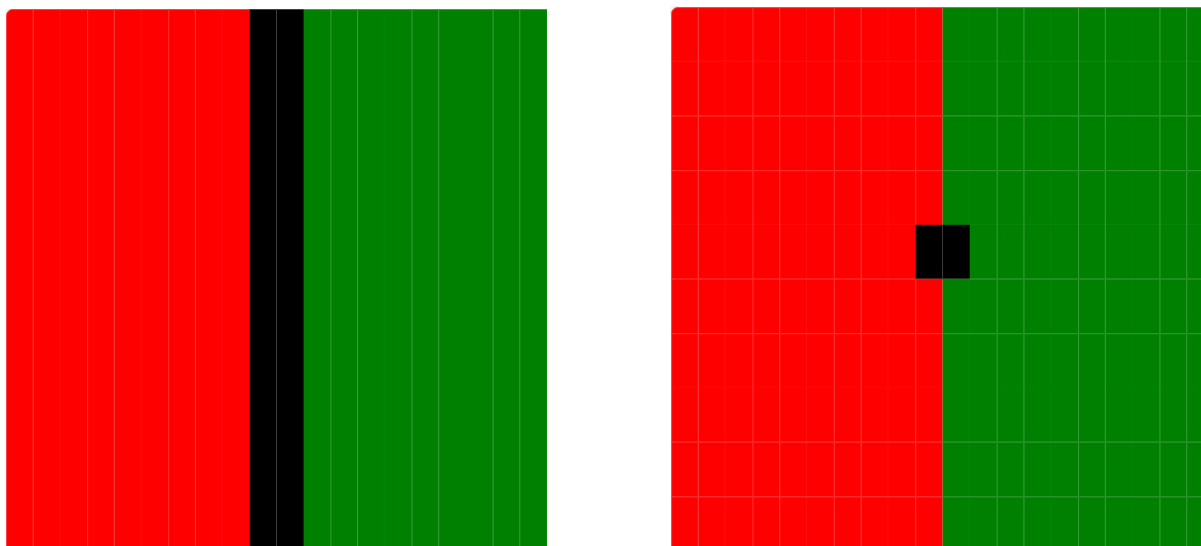
Minden vállalatszámra 10 különböző véletlenmaggal futtattam le a szimulációt. A szimulációk leálltak 1000 periódus után, majd a végső értékeket dolgoztam fel. A szimulációk végeredményeinek átlagát az 1. Táblázat foglalja össze.

	Egydimenzió		Kétdimenzió	
Vállalat száma	HHI	Aszimmetria	HHI	Aszimmetria
2	5000	0%	5000	0%
3	3605	83%	3652	98%
4	2800	202%	2606	57%
5	2320	289%	2178	120%
6	1770	133%	1713	72%
7	1550	130%	1485	98%
8	1355	122%	1341	147%
9	1260	206%	1198	195%
10	1240	200%	1077	162%

1. Táblázat: Egy- és kétdimenziós modell összehasonlítása

Forrás: Saját szerkesztés

Az eredmények (1. Táblázat) alapján látható, hogy két vállalat esetén mindig beállt az egyensúly egy- és kétdimenzióban is. Ez az eredmény hitelesíti a modellt, hiszen pontosan megegyezik Harold Hotelling alapmodellével. Minden szimuláció során a vállalatok pontosan ugyanazt a két cellát foglalják el (2. Ábra), amelyek alátámasztják Eaton és Lipsey (1975) eredményét, hogy két vállalat esetén csakis közép alakul ki egyensúly.



2. Ábra: Egyensúly két vállalat mellett egy- és kétdimenziós térben

Forrás: Saját szerkesztés

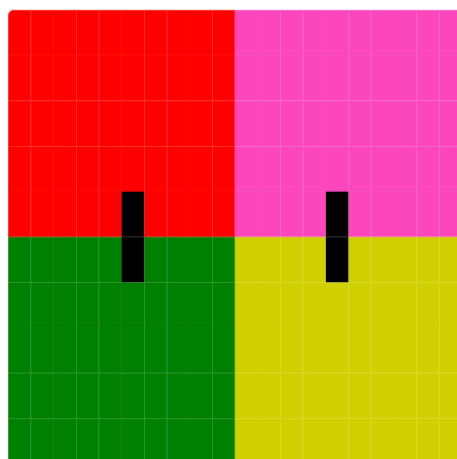
Több vállalat bevezetése esetén azt láthatjuk a HHI mutató alapján, hogy kétdimenzióban kevésbé koncentrált a piac az egydimenzióhoz képest. Egydimenzióban megtörtént 5, 8, 9 és 10 vállalat esetén, hogy egymáson helyezkedtek el a vállalatok, és így volt

egy szerencsétlen vállalat, amely az utolsó periódusban nem értékesített egy terméket se. Ekkor az Aszimmetria nem vesz fel értéket, így azok az esetek kimaradnak az átlagból is.

Nagy kivételt képez a három vállalat esete, ahol a HHI és az Aszimmetria mutató értéke is kisebb egydimenzióban. Az egyes szimulációkat megvizsgálva azt láttam, hogy egydimenzióban kialakulhat az egyensúly, ami néhány futtatásban meg is történt.

Kétdimenzióban a vállalatoknak megnő a mozgástere, így a köztük lévő távolság is. Sokkal szabadabban mozoghatnak, differenciálhatják terméküket, és ekkor számukra könnyebb felismerni a piac kevésbé lefedett pontjait is. Ezen változások magyarázzák a HHI és Aszimmetria mutatók különbségét egy- és kétdimenzióban. Három vállalat esetén a problémát az okozhatja, hogy egy-egy elmozdulás nem egy-egy fogyasztóval növeli az eladások számát. Már amennyiben csak két vállalat van, egy mező elmozdulása a másik vállalat felé egy teljes sor vagy oszlop mennyiségű fogyasztót vonz magához. Több vállalat esetén, a nagyszámú fogyasztóváltozás hatása miatt nagyon megnehezedik az egyensúly kialakulása. Várhatóan ezt a problémát az árazási versennyel ki lehet küszöbölni.

Eaton és Lipsey (1975) felvetette az ötletet, de nem tudták bizonyítani, hogy kétdimenziós piacon, ahol az árak fixáltak, és a vállalatok döntenek az elhelyezkedésükről, nem létezik egyensúly, amikor három vagy több vállalat versenyzik egy kör alakú térben. A modellemben, ahol periódusonként egy vállalat tudja megváltoztatni pozícióját, többször is (de nem minden esetben) kialakult egyensúly négy vállalat esetén is (3. Ábra). Három és négyenél több vállalatszám esetén nem alakult ki egyensúly.



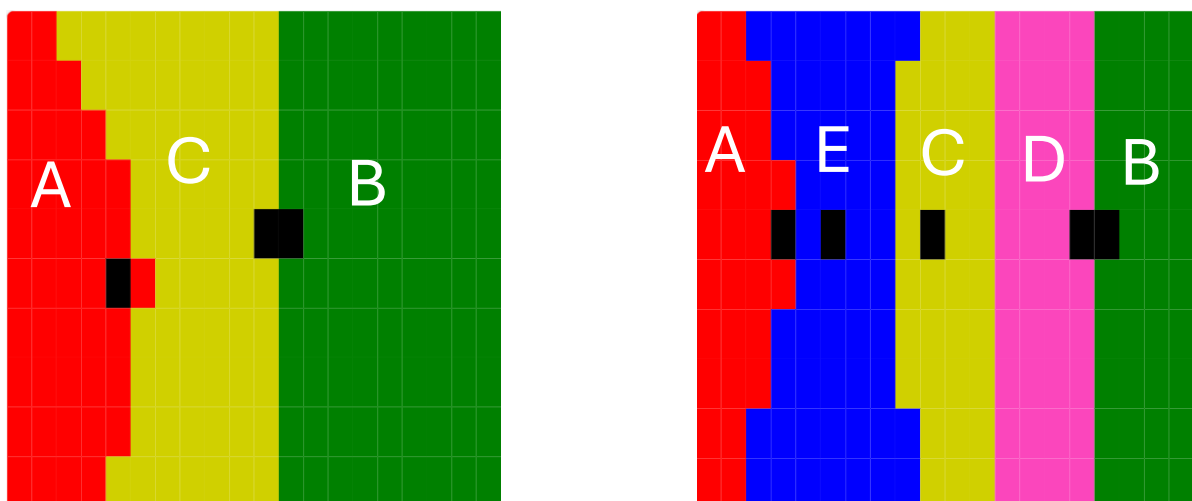
3. Ábra: Egyensúly négy vállalat esetén konstans árak mellett
Forrás: Saját szerkesztés

V.2. Árváltozás bevezetése

A következő lépés az árazási mechanizmus bevezetése. Minden vállalat dönt az árról, ezt követően egy véletlen módon választott vállalat lehetőséget kap pozíciójának megváltoztatására. Ezáltal a modell kétlépcsős, tehát két részjátékot tartalmaz. Továbbra is kialakulhat Nash-egyensúly a részjátékon belül is, amikor egyik vállalatnak se éri meg egyoldalúan a stratégiáján változtatni. Az első játékban ez akkor áll elő, ha minden periódusban minden vállalat ugyanazt az árat választja. A második játékban Nash-egyensúly akkor áll elő, ha bármelyik Kereső vállalat kapja az elmozdulás lehetőségét, nem változtat lokációt. A teljes játékban Nash-egyensúly pedig akkor áll elő, ha egyik vállalat se változtatja meg se az árat se az elhelyezkedését.

A szimulációk során egészen öt vállalatig legalább egy esetben kialakult Nash-egyensúly a teljes játékra. Az eredmények eltérőek a különböző véletlen magokra, tehát a modell nem ergodikus. Ez alól kivételt képez a két vállalat esete, ahol minden szimulációra kialakult az egyensúly, és minden esetben ugyanazt a két cellát foglalták el a vállalatok.

A változtatható ár bevezetésével egészen öt vállalatig előállt legalább egy eset, amikor a szimuláció egyensúlyban fejeződött. Kettő és négy vállalat esetén már láttunk rá példát konstans árak esetén is, hogy kialakulhat a térbeli egyensúly. Három és öt vállalat esetén az egyensúlyt a 4. Ábra mutatja. A vállalatok árait pedig a 2. Táblázat tartalmazza.



4. Ábra: Három és Öt vállalatszám esetén kialakult egyensúly változó árak mellett

Forrás: Saját szerkesztés

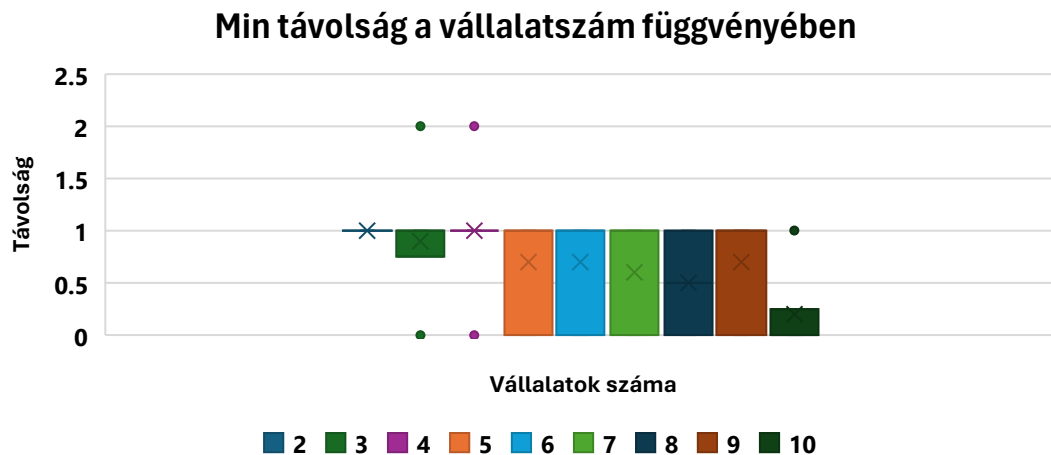
	Három vállalat			Öt vállalat				
Vállalat	A	B	C	A	B	C	D	E
Ár	5	1	1	2	1	2	1	1

2. Táblázat: Vállalatok árai három és öt vállalatszám esetén

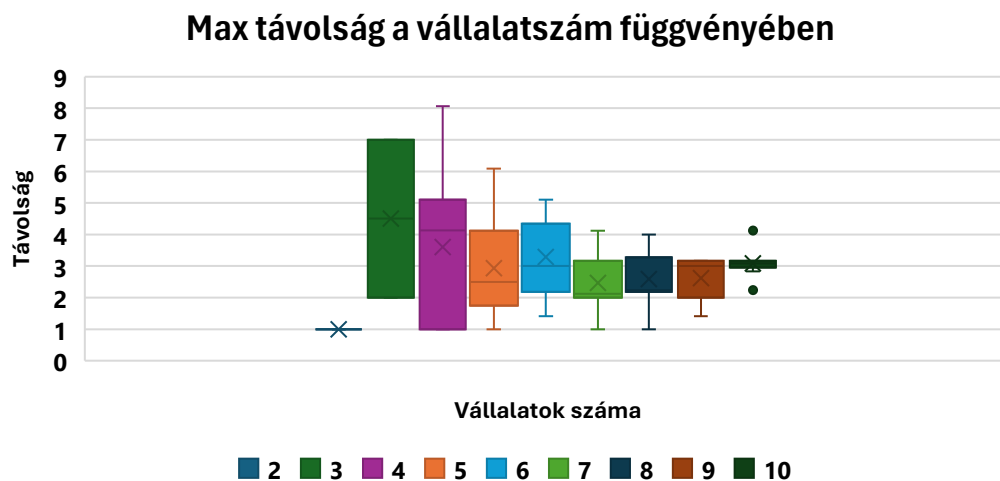
Forrás: Saját szerkesztés

Az eredmények alapján látható, hogy azon vállalatok, amelyek közel helyezkednek el egymáshoz, alacsonyabb áron értékesítenek. A piac szélén elhelyezkedő vállalatok pedig egész magas értékre emelhetik az árat, például az A vállalat 3 vállalatszám esetén. Ugyan nem tökéletesen egyenletes a piaci részesedés, de egyensúlyban vannak a vállalatok. Egyik fél se tud önállóan úgy elmozdulni, hogy növelje bevételét. Ennek egyik oka a Kereső változó, hiszen csak olyan vállalat változtathatja meg a koordinátáit, amely átlag alatti fogyasztószámmal rendelkezik. A baloldali ábrán a C vállalat nagyobb profitot tudna realizálni, ha a B vállalathoz képest jobbra helyezkedne el. Azonban ezt nem tudja megtenni, mivel épp az átlagos Eladott mennyiséggel rendelkezik, ezért nem kap esélyt a lokáció megváltoztatására. Ugyanez az eset 5 vállalat esetén a D vállalattal, aki közelebb helyezkedhetne a C vállalathoz.

A vállalatok által megszabott ár nem attól függ, hogy mennyi fogyasztóval rendelkezik a vállalat, hanem hogy milyen távolságra helyezkedik el a legközelebbi versenytárs. Ezt a Max és Min távolság mutatókkal elemeztem.



5. Ábra: Min távolság különböző vállalatszám esetén
Forrás: Saját szerkesztés



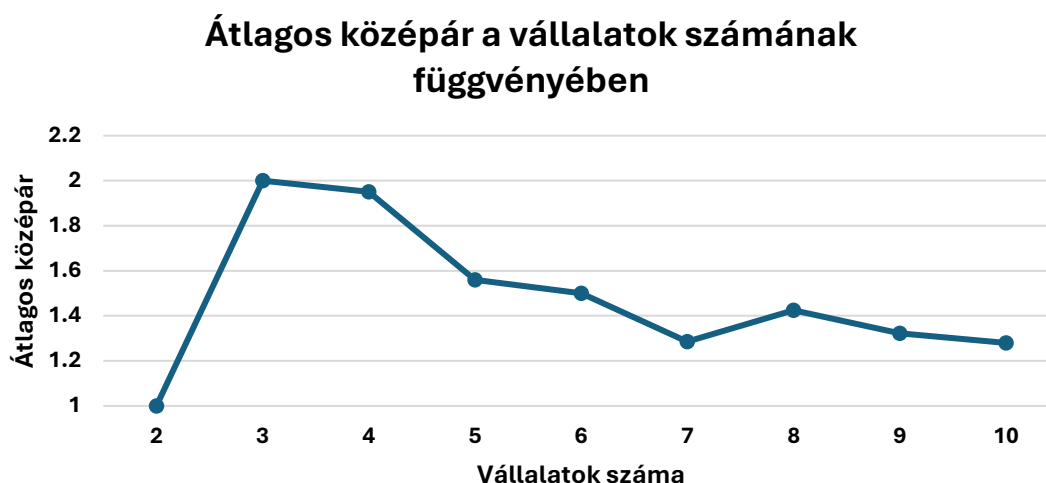
6. Ábra: Max távolság különböző vállalatszám esetén
Forrás: Saját szerkesztés

A Min távolságról (5. Ábra) elmondható, hogy öt vállalatszámától már konzisztensen kialakul egy lokális duopólium, azaz van egy vállalatpáros, amely két szomszédos cellában helyezkedik el. Ezen felül, a Min távolságok átlaga ekkor már 1 egység alatti, ami azt jelenti, hogy egy cellán belül két vállalat helyezkedik el. Ilyenkor természetes, hogy a két vállalat egy áron kínálja a terméküket. Ekkor nagy szerepe van a véletlen számnak a fogyasztó döntésében. Azt láthatjuk tíz vállalat esetén, hogy ez a jelenség elég gyakori. A lokális duopóliumok megjelenése alátámasztja Hotelling minimális különbség elvét.

A Max távolság ábráról (6. Ábra) azt láthatjuk, hogy a vállalatszám növelésével csökken a legközelebbi vállalatok közti maximális távolság. Ez nagyrészt annak is köszönhető, hogy egy fix méretű területen helyezkedik el egyre több vállalat, így triviális, hogy a vállalatszám

növelése csökkenti a köztük lévő távolságot. Ez alól kivételt képez a két vállalat esete, ahol minden esetben 1 egység a köztük lévő távolság.

Ezen eredmények megegyeznek Ottino et al. (2017) eredményeivel, ezért hitelesnek tartom az eredményeket. Masashi és Hidetoshi (2018) két vállalat esetén is ezektől eltérő eredményre jutott. A téglalap alakú piac nem elég a maximális különbség elvének teljesülésére, fontos a kvadratikus utazási költség feltételezése a fogyasztók számára.



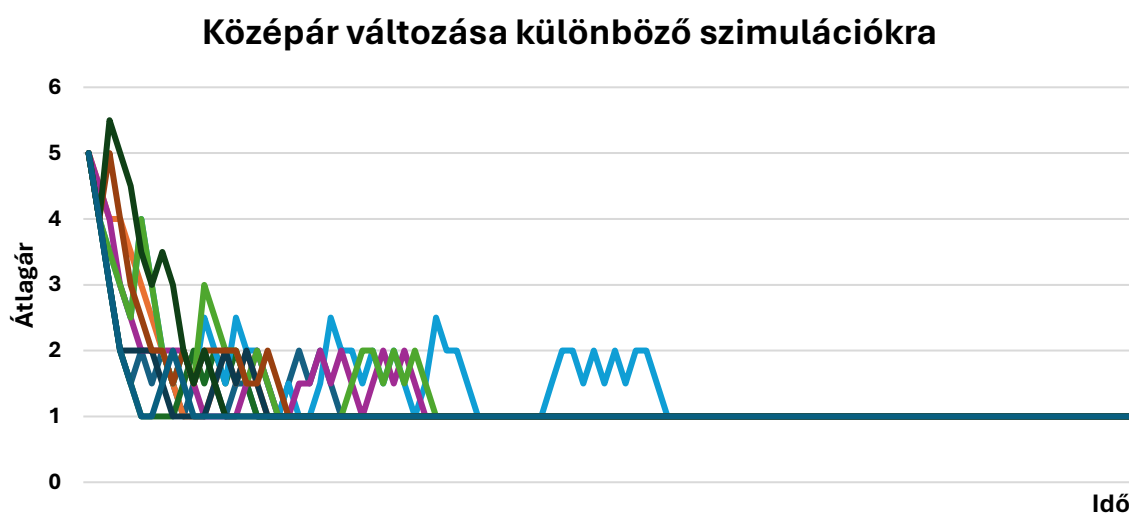
7. Ábra: Átlagár alakulása a vállalatok függvényében
Forrás: Saját szerkesztés

Az átlagos középár három vállalat fölött csökkenő tendenciát mutat a vállalatszám függvényében (7. Ábra). Ez teljes összhangban van a távolság és kínált ár kapcsolatáról tett feltevessel.

Két vállalat esetén folyamatosan eltérő eredményeket látunk a magasabb vállalatszámokhoz képest. Az ár minden esetben 1 egységre csökken mindkét vállalatnál, azaz felveszik a minimális árat, amit kínálhatnak ebben a modellben. Ezt a jelenséget Bertrand-versenynek nevezzük. A vállalatok folyamatosan csökkentik az áraikat, hogy a versenytársuknál alacsonyabb áron értékesítsenek. Ennek végeredménye, hogy mindkét vállalat átlagköltségen értékesít, és zero profitot realizál. A modellben a vállalatok árazási feltétele, hogy az ár értéke legalább 1 egység legyen, ezért ezt tekinthetjük átlagköltségnek is. Mivel a bevétel és a költség is lineáris függvény, ezért az átlagköltség megegyezik a határköltséggel. Tehát a vállalatok határköltségen értékesítenek. A 2. Ábrán láthattuk, hogy egymás mellett helyezkedik el a két vállalat, azaz minimális termékdifferenciálást végeznek, ezért közel homogén termékeket értékesítenek. Miután beállt az egyensúly, egyik vállalat se tud önállóan

hatást gyakorolni a piacra, és mindkét vállalat árelfogadó lesz. A két vállalat között kialakul egy versenyzői egyensúly.

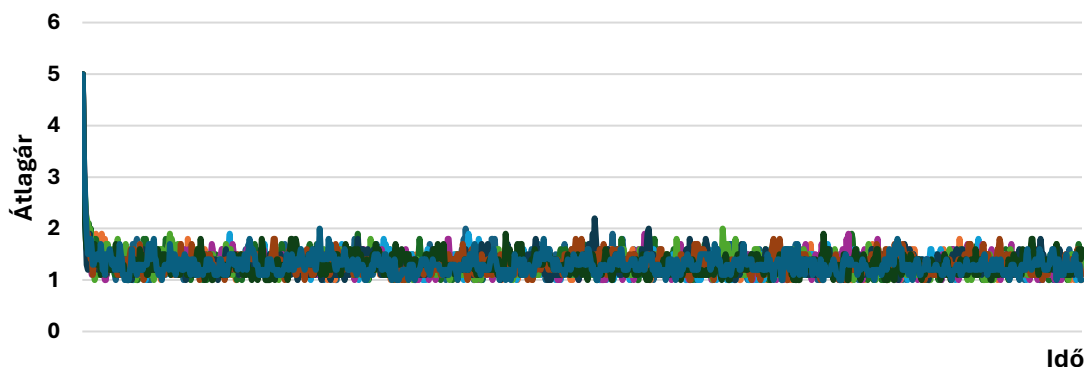
Mivel nincs kooperáció a vállalatok között, ezért nem képesek az együttes áremelésre. Nem alakítanak ki egységesen egy olyan duopóliumot, amely bármekkora árat kérhet a termékért. Ezt a folyamatot reprezentálja a 8. Ábra is, ahol két vállalat esetén, különböző szimulációk idősorát láthatjuk az átlagárra. Minden eltérő színű vonal egy-egy szimulációt testesít meg.



8. Ábra: Átlagár alakulása két vállalat esetén különböző szimulációkra
Forrás: Saját szerkesztés

Ezzel szemben, ha megtekintjük ugyanezt az ábrát csak tíz vállalat esetén (9. Ábra), egészen mást látunk. Az átlagár 1,3 érték körül ingadozik a minden szimuláció során. Minden megfigyelés esetén közel megegyező átlaga és szórása van az utolsó 500 időpont átlagárának, ezért kimondható, hogy egy statisztikai egyensúly alakul ki a modellben.

Középár változása különböző szimulációkra 10 vállalat esetén



9. Ábra: Átlagár alakulása tíz vállalat esetén különböző szimulációkra
Forrás: Saját szerkesztés

Az egy-és kétdimenziós esetek összehasonlításánál láthattuk, hogy a HHI mutató érzékeny a vállalatszámra (1. Táblázat). Hiába alakult ki tökéletes piaci megoszlás minimális profittal a két vállalat számára, a mutató értéke ekkor volt a legnagyobb. Ezért a mutatót transzformáltam, hogy feldolgozhatóbb legyen. Az irodalomban többen használják a következő normált alakját (de Gioia, 2017):

$$HHI^* = \frac{HHI - 10000/n}{10000 - 10000/n} \quad (6)$$

A következőkben a normalizált HHI értékeket fogom ábrázolni.

Átlagos HHI eltérése az egyenletes piaci részesedéshez képest



10. Ábra: Eltérés az egyenletes piaci részesedéstől több vállalat esetén
Forrás: Saját szerkesztés

Látható, hogy több, mint két vállalat esetén jóval magasabb az átlagos piaci koncentráció az egyenletes piaci részesedéshez képest (10. Ábra). A modell további kiterjesztésével próbálom csökkenteni ezen eltérést.

V.3. Korlátozott racionalitás bevezetése

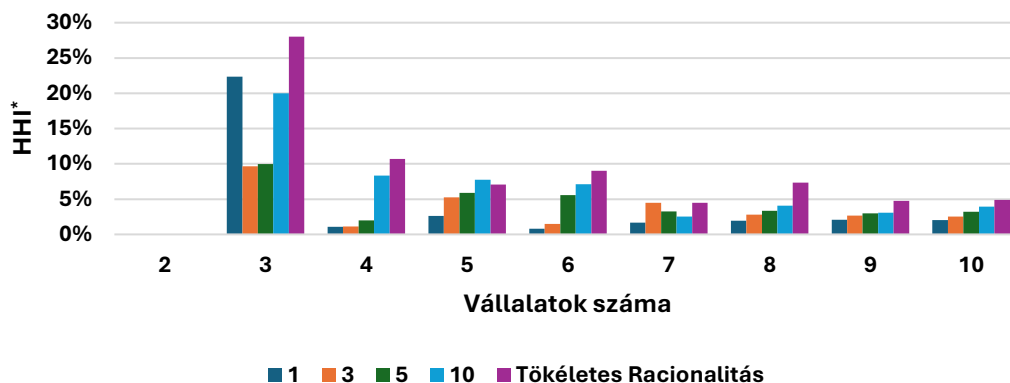
A modellben eddig tökéletes racionalitást tételeztem fel a vállalatok részéről. Ez abban nyilvánul meg, hogy a rács összes celláját megvizsgálja a Kereső vállalat, illetve minden vállalat tetszőleges árat szabhat meg. Mostantól a vállalatok csak egy bizonyos mennyiségű cellát elemezhetnek, és az árukat is csak bizonyos mértékben tudják növelni vagy csökkenteni. Ezt a mennyiséget a Lépés paraméter befolyásolja, amelyről részletesebb leírást a vállalatok bemutatásánál lehet olvasni.

A korlátozott racionalitás a való életben több formában is megjelenik. Az ember kognitív képességének is van határa. Képtelenség mindig a legjobb döntést meghozni, de lehet közel optimális döntést. A korlátozott racionalitás célja a modellben, hogy a vállalatok ne globálisan optimalizáljanak, hanem lokálisan. Ilyenkor egy vállalat nem elemzi a teljes várost, csak a körülötte lévő fogyasztókat és versenytársakat.

A paraméter értéke tökéletes racionalitás esetén 20, amikor minden cellát meg tud vizsgálni, bárhol is legyen a vállalat. A Lépés paramétert 10, 5, 3 és 1 értékekre csökkentettem. A 10-es érték mellett a vállalat bárhol is helyezkedjen el, meg tudja vizsgálni a teljes oszlopot, amiben jelenleg tartózkodik. Az 5-ös érték mellett a jelenlegi oszlopának felét tudja megvizsgálni, sorának pedig negyedét. Az 1 és 3 értékekkel pedig kisebb változásokat hajthatnak végre a vállalatok, térben és árban is csak lokálisan elemzik a lehetőségeiket.

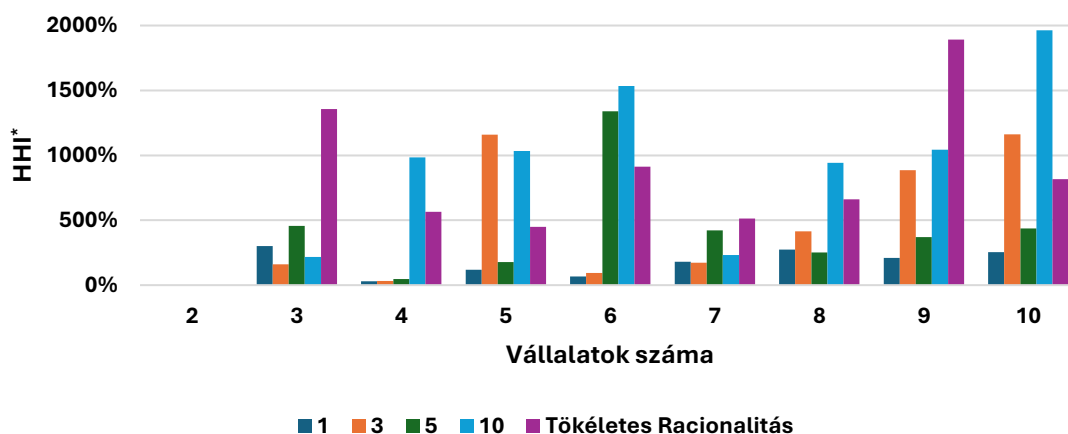
Az eredmények alapján azt látjuk, hogy a Lépés paraméter csökkentése kedvezően hat a piaci egyensúlyra. Egyszerre csökken a piaci koncentráció és az Aszimmetria mutató értéke is (11. és 12. Ábra). Ezen kívül szinte nincs változás a többi mutatóban, mint a Min és Max távolság, vagy az átlagár. Egyedül az átlagos bevétel értéke emelkedik, amely a piaci egyenlőséghez való közeledés eredménye.

Piaci koncentráció eltérése az egyenletes piaci részesedéstől



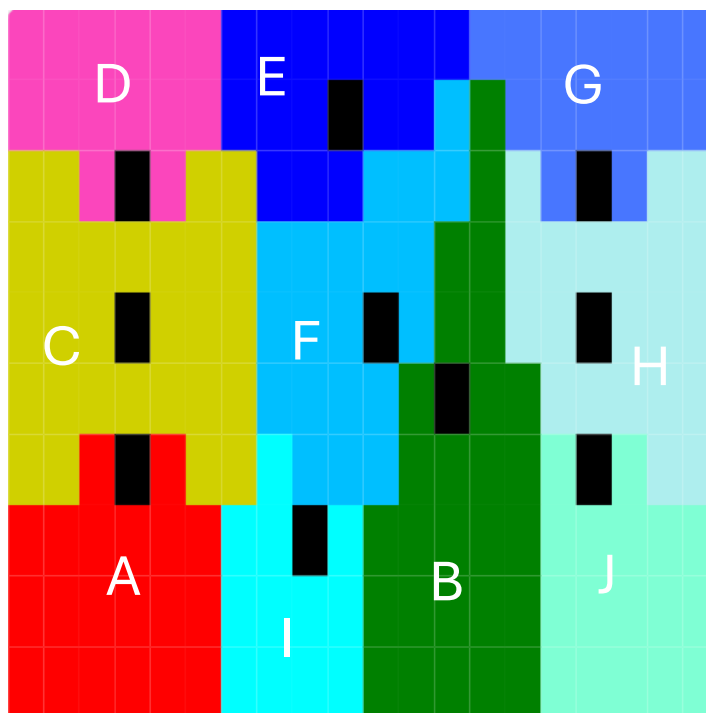
11. Ábra: Elterés az egyenletes piaci részesedéstől különböző Lépés paraméterértékek mellett
Forrás: Saját szerkesztés

Átlagos Aszimmetria mutató alakulása korlátozott racionalitás mellett



12. Ábra: Aszimmetria mutató különböző Lépés paraméterértékek mellett
Forrás: Saját szerkesztés

A Lépés paraméter nagy változást az 1 és 3 értékeknél eredményez, ami az egyensúly kialakulására is hatást gyakorolt. A 3-as érték mellett egészen 7 vállalatig volt legalább egy olyan szimuláció, amely mellett kialakult a Nash-egyensúly. Az 1-es érték mellett pedig minden vállalatszámra kialakult legalább egy Nash-egyensúly a teljes játékra.



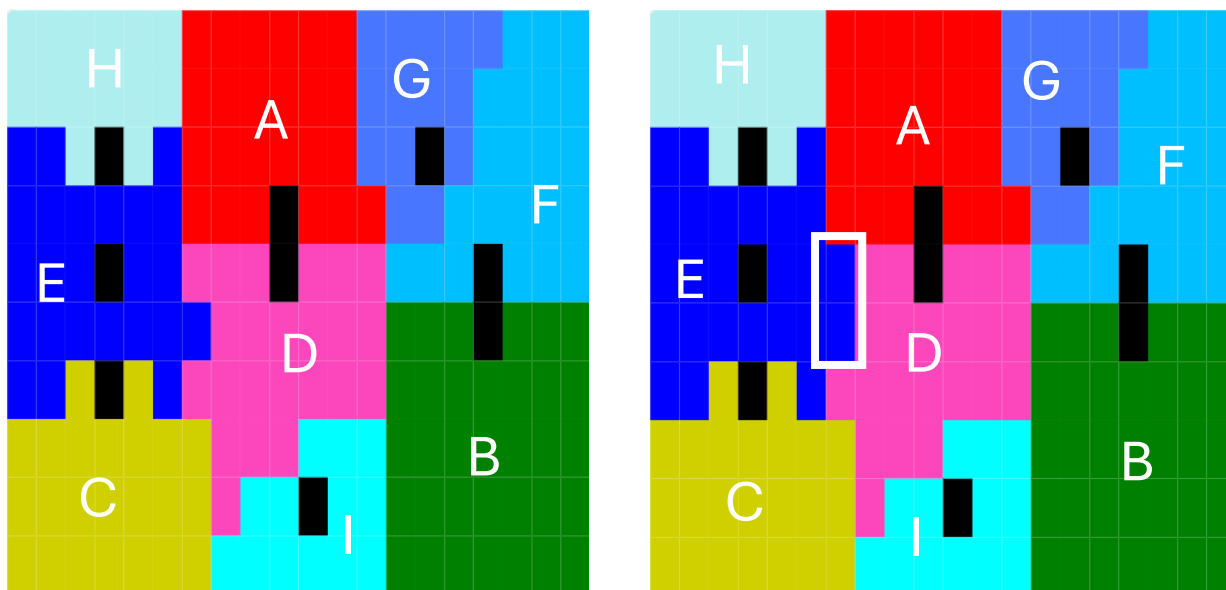
13. Ábra: Nash-egyensúly 10 vállalat esetén Lépés 1 érték mellett
Forrás: Saját szerkesztés

Vállalat	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Ár	2	1	1	2	2	1	2	1	3	2

3. Táblázat: A vállalatokhoz tartozó árak 10 vállalat esetén

Forrás: Saját szerkesztés

Látható, hogy tíz vállalat esetén is kialakulhat egyensúly (13. Ábra). Ekkor azok a vállalatok, amelyek két vagy több vállalat között helyezkednek el, alacsonyabb áron értékesítenek, míg a széleken tartózkodó vállalatok magasabb árakat is kérhetnek (3. Táblázat). Nem teljesül a minimális különbség elve, ugyanis nincs két szomszédos mezőn tartózkodó vállalat. Helyette a vállalatok inkább egyenletesen fedik le a piacot, közelítve a szociális optimum állapotot.



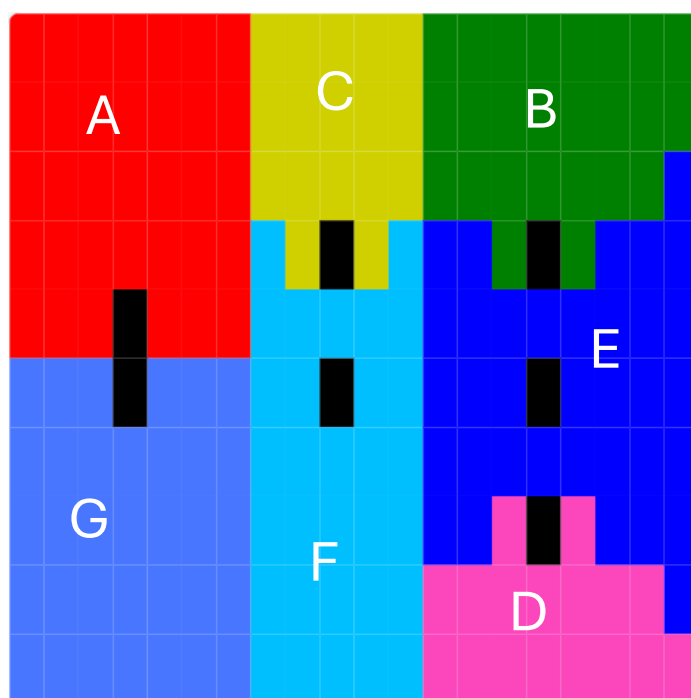
14. Ábra: Egyensúlyi állapotban történő piaci változás
Forrás: Saját szerkesztés

Vállalat	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Ár	1	1	2	1	1	1	2	2	3

4. Táblázat: Vállalatokhoz tartozó árak 9 vállalat esetén

Forrás: Saját szerkesztés

Az 14. Ábrán kialakult Nash-egyensúly 9 vállalat esetén. A vállalatokhoz tartozó árakat a 4. Táblázat mutatja be. Néhány fogyasztó folyamatosan más és más vállalattól vásárol. A fehér téglalappal jelölt kettő fogyasztó a D és E vállalatoktól ugyanolyan távol helyezkednek el, illetve mindkét vállalatnak megegyezik az ára. Számukra közömbös, hogy mely vállalatot választják. Ilyenkor a véletlen hatása, hogy melyik vállalatot választja a fogyasztó. A vállalatoknak erre nincs befolyásuk, tehát a lehető legprofitálóbbr árát és lokációt választják lehetőségeikhez mérten, ezzel kialakítva az egyensúlyt.



15. Ábra: Hét vállalat egyensúlyi elhelyezkedése
Forrás: Saját szerkesztés

Vállalat	A	B	C	D	E	F	G
Ár	1	2	3	2	1	2	1
Bevétel	35	52	54	38	36	62	35
Eladott mennyiség	35	26	18	19	36	31	35
Kereső	0	1	1	1	0	0	0

5. Táblázat: Hét vállalat egyensúlyi elhelyezkedése
Forrás: Saját szerkesztés

Hét vállalat esetén egy elég érdekes szituáció állt elő (15. Ábra). Az 5. Táblázatról leolvasható, hogy három olyan vállalat van, amely átlagon aluli Eladott mennyiséggel rendelkezik, a B, C és D. Mindhárom vállalat inkább a szélén, mint középen helyezkedik el, ezért magas árat is kérhetnek a fogyasztóktól. A kevés eladott mennyiség miatt lehetőségük van elmozdulni a cellájukból. Azonban ez veszteséges lenne mindhármuknak. Az F vállalat szerzi meg a legnagyobb piaci részesedést, de ezt követően sorban a C, B és D vállalatok rendelkeznek a legnagyobb bevétellel. A vállalatok profitjukat maximalizálják, ezért megelégszenek azzal a kevés fogyasztóval is, amíg ilyen magas árat kérhetnek tőlük.

A korlátozott racionalitás bevezetésével egy igen érdekes eredményt kaptam. Az eredmény alapján azt mondhatjuk, hogy minél alacsonyabb szinten optimalizálnak a vállalatok,

annál könnyebben jut el a piac egy egyensúlyi állapotba. Ennek magyarázata, hogy eddig a vállalatok büntetlenül vándorolhattak és változtathatták áraikat minimális többletbevétel elérése érdekében. Ez fluktuációt okozott a rendszerben, mivel folyamatosan változtak a vállalatok pozíciói és árai. Ez a jelenség eltűnik a Lépés paraméter csökkentésével, ugyanis nem lehet már a rács egyik széléről a másikra ugrani. A vállalatok szűkebb látókörrel rendelkeznek, így kevesebb lehetőségük is van a profit maximalizálására. Ekkor az adott mennyiségű információ alapján döntenek, és nem ismerik a piac „hibáit”, vagyis a potenciális többletprofitot.

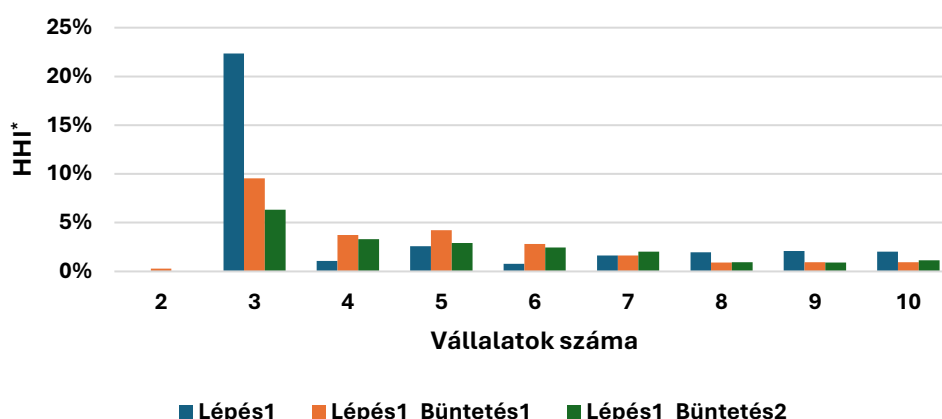
Összefoglalva, azt láthattuk, hogy az alacsony Lépés paraméterérték mellett áll be az egyensúly. A legjobb eredmények az 1-es eset során jelentek meg, de a 3-mas eset is elég biztató eredményeket generált, így mindkét értékkel tovább folytatom a kutatást.

V.4. Költözési költség bevezetése

Az előző fejezetben kiderült, hogy a vállalatok mozgásterének csökkentése közelebb viszi a piacot az egyensúlyi állapothoz. A következő kiterjesztésben máshogy hatottam a vállalatok mozgására. A vállalatok nagyütemű ugrálása az enyhe többletprofit elérése érdekében zűrzavart idéz elő a rendszerben és nem vezet egyensúlyi állapothoz. Ennek elkerülése érdekében, a következőkben a modellt költözési költséggel bővíttem. A költözési költség valójában nem más, mint a vállalat gépeinek átszállítása A pontból B pontba.

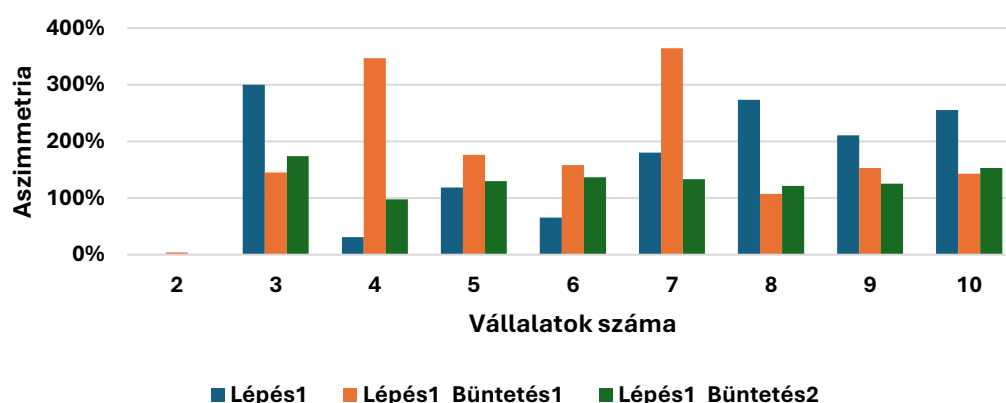
A költözési költség bevezetésének célja, hogy átlagosan minden egység elköltözött távolságra, legalább eggyel több fogyasztója legyen a vállalatnak. A költözési költség értéke nagyban függ az aktuális átlagártól, így a szimuláció során alkalmazkodik a változó árszínvonalhoz. A költség másik fontos tényezője a Büntetés paraméter, amely valójában egy szorzót képez a költség nagyságára. A pontos értékének meghatározását az (5) egyenlet mutatja be. A szimulációkat 1 és 3 Lépés, illetve 1 és 2 Büntetés paraméterek mellett végeztem el.

Piaci koncentráció eltérése az egyenletes piaci részesedéstől



16. Ábra: Piaci koncentráció alakulása a Büntetés paraméter függvényében 1 Lépés érték mellett
Forrás: Saját szerkesztés

Átlagos Aszimmetria

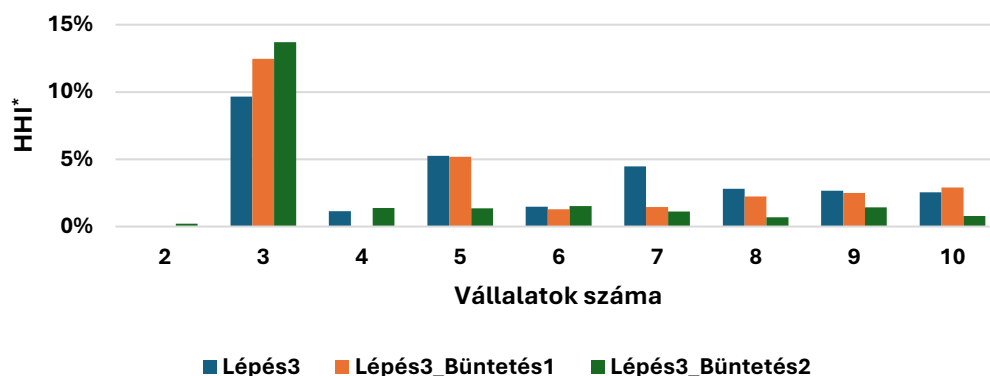


17. Ábra: Aszimmetria alakulása a Büntetés paraméter függvényében 1 Lépés érték mellett
Forrás: Saját szerkesztés

A piac koncentrátságot tekintve szinte közömbös 1 Lépés érték mellett, hogy milyen Büntetés értéket használunk (16. Ábra). Viszont, azt láthatjuk, hogy a költözési költség negatív hatást gyakorol a hét vállalatszám alatti esetekben. Ez a negatív hatás olyan kimagasló, hogy a kutatás során először két vállalat esetén nem minden szimulálásra teljesült a tökéletesen megosztó piac. Az egyik vállalatnak nem volt kifizetődő az akkori árszínvonal mellett a költözés, ezért végeredményként ő magasabb áron értékesített kevesebb fogyasztónak.

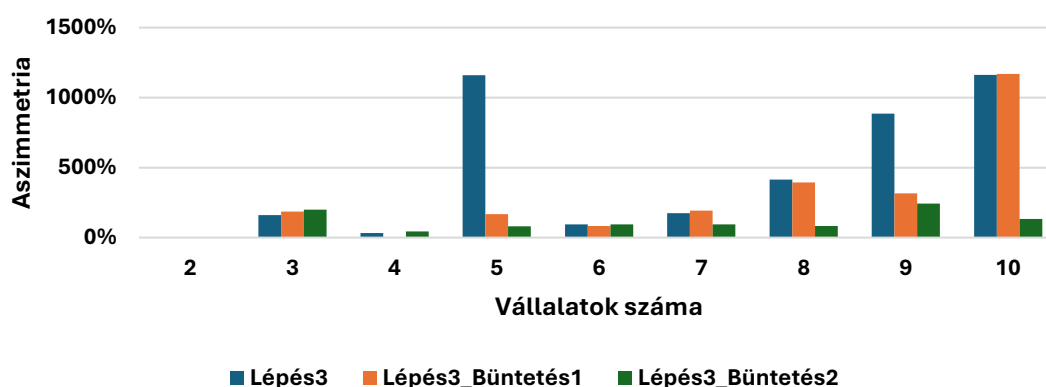
Az átlagos Aszimmetria érték mellett azt láthatjuk, hogy 4-7 vállalatszámra rontja a versenyzők közti különbséget, de 3 és 8-10 vállalatok esetén javít (17. Ábra). A nagyobb Büntetés értékre az esetek többségében alacsonyabb az Aszimmetria értéke.

Piaci koncentráció eltérése az egyenletes piaci részesedéstől



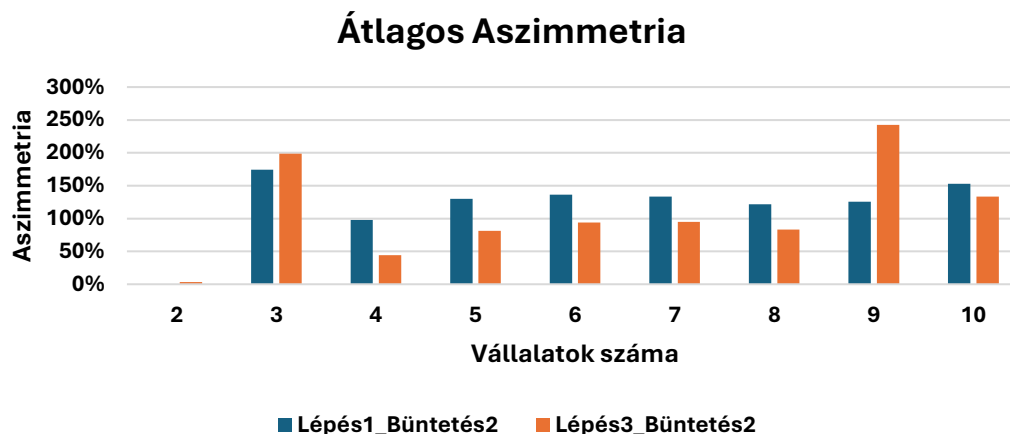
18. Ábra: Piaci koncentráció alakulása a Büntetés paraméter függvényében 3 Lépés érték mellett
Forrás: Saját szerkesztés

Átlagos Aszimmetria



19. Ábra: Aszimmetria alakulása a Büntetés paraméter függvényében 3 Lépés érték mellett
Forrás: Saját szerkesztés

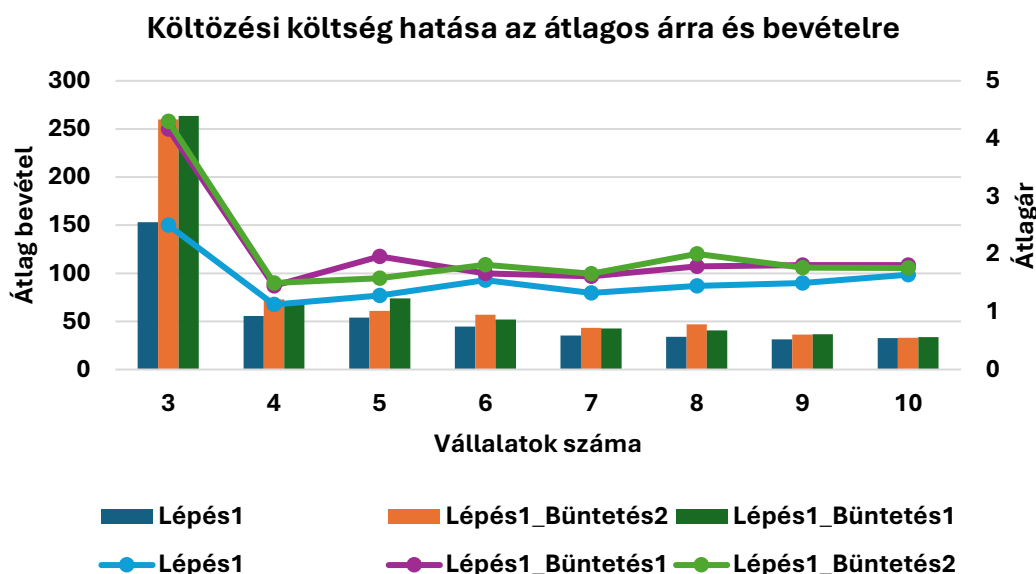
Az 1 Lépés paraméterértékkal szemben azt láthatjuk, hogy 3 Lépés esetén a költözési költség jelenléte szinte mindig pozitív hatással bír (18. és 19. Ábra). Emellett az is megfigyelhető, hogy a nagyobb Büntetés érték mellett sokkal jobb eredményeket kapunk. Érdekes, hogy ismét előállt egy eset, amikor két vállalatra nem áll elő az egyenletes piaci részesedés.



20. Ábra: Aszimmetria alakulása 2 Büntetés és különböző Lépés értékek mellett
 Forrás: Saját szerkesztés

A korlátozott racionalitás bevezetése mellett azt láttuk, hogy az esetek majdnem mindegyikében az 1 Lépés érték jobb eredményeket állított elő, mint a 3 paraméterérték. Ez a kapcsolat megfordult a költözési költség bevezetésével (20. Ábra).

A korlátozott racionalitás megengedte, hogy a vállalatok ne globális szinten optimalizáljanak, hanem csak a saját környezetükben, lokálisan. Ez lecsökkentette a nagy mozgások által okozott volatilitást. A költözési költség ezzel szemben a költözések minőségét befolyásolja. A vállalatok csak abban az esetben költöznek el, ha a kifizetett költség az új lokáción várhatóan megtérül a következő periódusban. Ekkor egy egységnyi elmozdulás egy plusz fogyasztó megszerzése érdekében kifizetődőbb a magasabb árat kínáló vállalatok számára. Ennek egyik következménye, hogy az átlagár megemelkedik, ami miatt az átlag bevétel is (21. Ábra).



21. Ábra: Költözési költség hatása az átlagárra és az átlag bevételre
Forrás: Saját szerkesztés

Egy lépésszám esetén az említett hatás sokkal jobban megmutatkozik, mint a három lépésszám eredményeiben (21. Ábra). Kis vállalatszám esetén a hatás szintén jobban kifejti az erejét. Ahogy növekszik a versenytársak száma, úgy csökken a jó minőségű költözések lehetősége is.

V.5. Csőd bevezetése

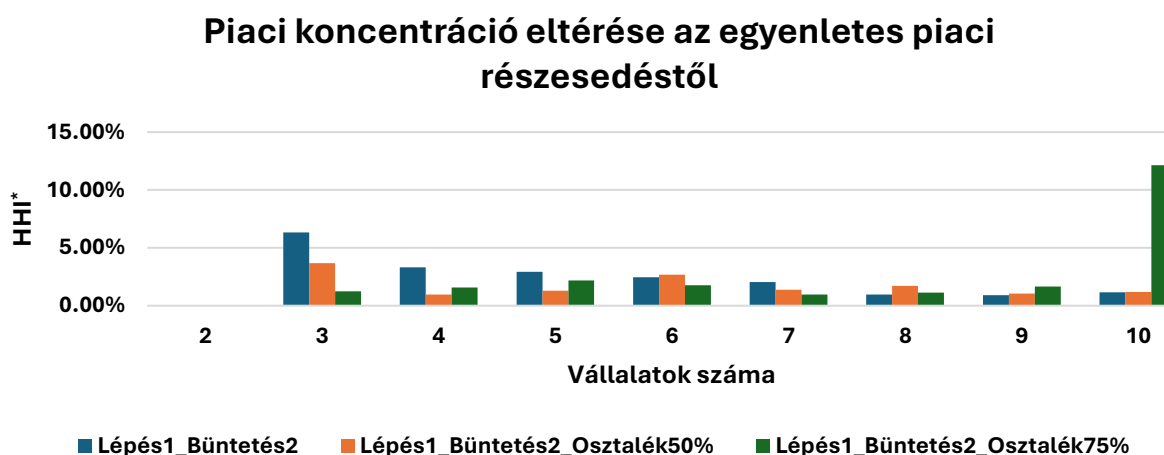
Az eddigi kiterjesztések célja a lehetőségek jobb kihasználása volt, amellyel a vállalatok közelebb kerültek az egyensúlyi állapothoz. Láttuk már, hogy vannak szerencsésebb és kevésbé szerencsés vállalatok, akik vagy tudnak a helyzetükön változtatni, vagy nem. A való életben, a veszteséges vállalatok csődbe mennek, amire a versenytársak reagálnak. Ezt a jelenséget még nem tartalmazta a modell. A következő kiterjesztés célja a verseny alakulását gátló vállalatok kiszűrése.

A kiterjesztésben a vállalatok osztalékot fizetnek. Azonban, ez az osztalék nem a profitjuk egy része, hanem az átlag bevétel egy része. Ezt az osztalékot a vállalatok saját tőkéből fizetik ki, amit a bevételükkel növelni tudnak. A modellben a saját tőke minden periódus végén csökken az átlagos bevétel alapján kifizetett osztalékkal és a költözési költséggel (ha van), illetve növekszik a vállalat által megszerzett bevétellel. Amikor a saját tőke értéke 0 alá csökken, a vállalat csődbe megy. A vállalatok száma konstans, ezért a következő periódusban már egy új vállalat jelenik meg a piacon, aki egy véletlen céllából indul. Ezzel megfigyelhető lesz a régi vállalatok viselkedési reakciója az újonnan belépő vállalatra.

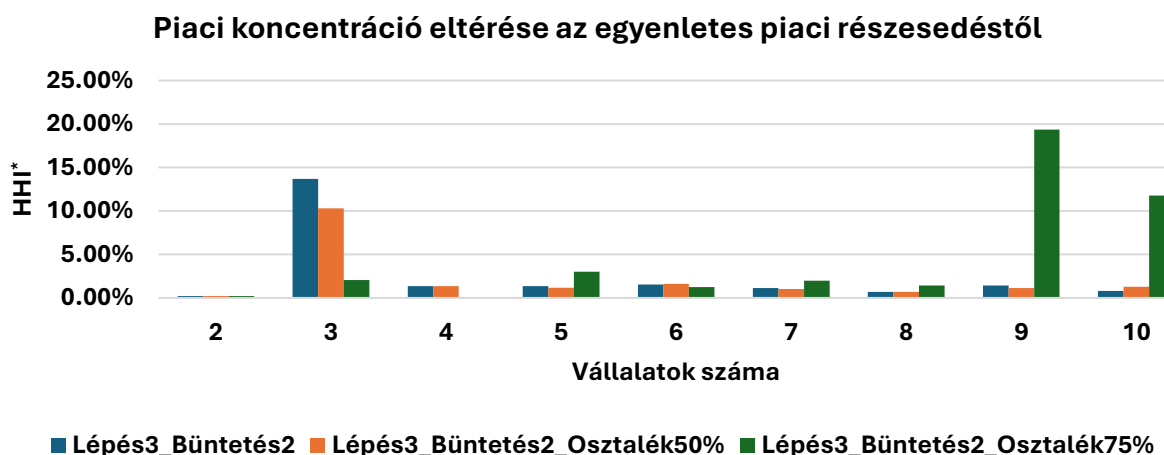
A kifizetett osztalék mennyiségét egy Osztalékkulcs paraméter befolyásolja, amely azt fejezi ki, hogy az átlagos bevétel hány százalékát fizetik ki a vállalatok. Mivel a modellben nincs befektetési lehetőség, ezért magas Osztalékkulccsal számoltam. A kiterjesztés hatását 50% és 75% mellett vizsgáltam. Összefoglalva, ezen értékeket úgy kell értelmezni, hogy egy vállalat nyereséges, amíg az átlagos bevétel 50%-át és 75%-át meg tudja szerezni.

A saját tőke változásának egyenlete a következő:

$$\text{Saját tőke változás} = \text{Bevétel} - \text{Átlagos bevétel} * \text{Osztalékkulcs} - \text{Költözési költség} \quad (7)$$



22. Ábra: Piaci koncentráció alakulása különböző osztalékfizetések mellett 1 Lépés és 2 Büntetés értékek esetén
Forrás: Saját szerkesztés

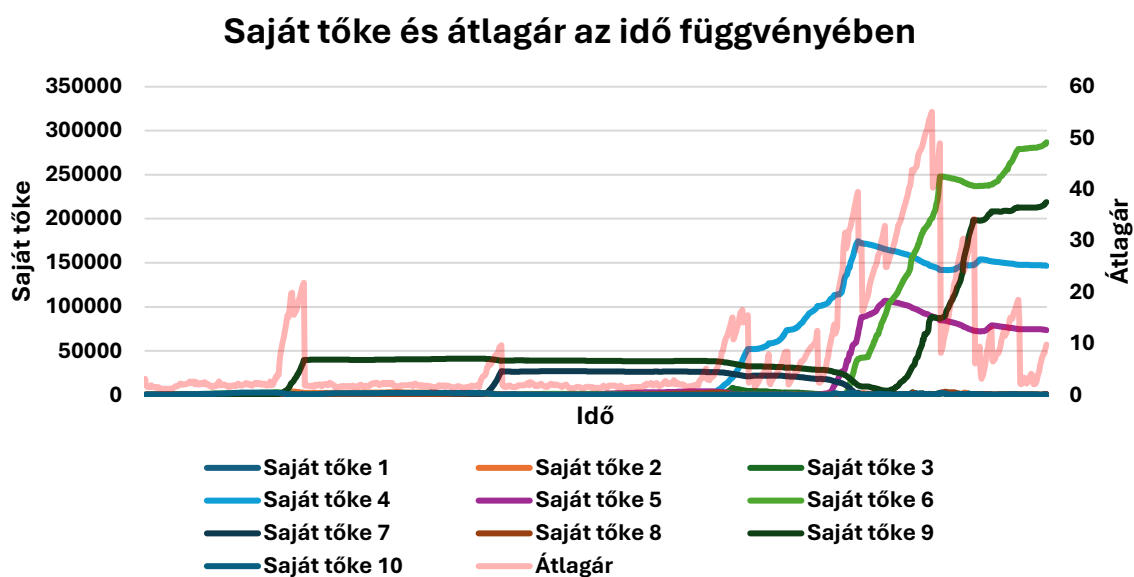


23. Ábra: Piaci koncentráció alakulása különböző osztalékfizetések mellett 3 Lépés és 2 Büntetés értékek esetén
Forrás: Saját szerkesztés

A két ábráról (22. és 23. Ábra) látható a csőd bevezetésének hatása. Alacsony osztalékfizetés mellett kevés vállalat megy csődbe, ezért közel ugyanaz történik, mint csőd nélkül. Magas osztalékfizetés és magasabb vállalatyszám esetén kaotikussá válik a piac, ami a

lehető legtávolabb helyezi a piacot az egyenletes megoszlástól. Ez szinte identikusan történik 1 és 3 Lépésszám esetén is.

A szimulációk során kialakul tranziens egyensúly, azaz rövid időre minden vállalat a lehető legjobb döntést hozza, de mégse alakul át elnyelő egyensúllyá. Ennek fő oka, hogy azon vállalat, amely konzisztensen az átlag bevétel 75%-a alatti bevételt ér el, előbb-utóbb csődbe fog menni. Amikor egy vállalat csődbe megy, egy új száll be helyette, amely véletlenszerűen kerül egy cellába, és átlagáron értékesít. Ez pedig elindít egy hógolyó hatást, mivel az új belépő vállalat miatt teljes mértékben megváltozik a piac összetétele, és újra kell rendezkedniük a vállalatoknak azzal az árral és lokációval, amit egy teljesen másik piaci állapotra optimalizáltak. Az a vállalat, amelyik későn tudja ezt megtenni, nagy eséllyel csődbe fog menni. Ez az eseménysorozat a valós életben is elképzelhető, amikor a piacra egy új, hasonlóan versenyképes vállalat száll be. Természetesen újra kell gondolni a stratégiát, és nem biztos, hogy az fog működni, ami eddig bevált.



24. Ábra: Saját tőke és átlagár alakulása az idő függvényében
Forrás: Saját szerkesztés

A 24. Ábrán egy szimuláció idősora látható. Az átlagár ugrásokkal párhuzamban nagy mozgásokat láthatunk a saját tőke értékekben is. Ez azért van, mivel az újonnan belépő vállalatok felveszik az akkori átlagár értékét. Amennyiben egy alacsony áron értékesítő vállalat csődbe megy, és a helyébe egy átlagáron értékesítő vállalat lép a piacra, akkor az árszínvonal emelkedni fog. Ez egyeseknek nagy bevételeket eredményez, másoknak nagy veszteségeket. Tegyük fel, hogy egy extrém lokáción, azaz a rács egyik sarkában helyezkedik el a vállalat. Eddig kevés fogyasztónak értékesített magasabb áron. Az átlagár megemelkedésével az általa

kínált ár se számít olyan magasnak, mint azelőtt. Ilyenkor pedig tovább emelheti az árakat, és ismét kevés fogyasztónak fog értékesíteni magas áron, nagy bevétellel. Ugyanakkor a szimulációban az is látható, hogy a régebben belépő vállalatok felhalmozhatják a saját tőkéjüket, ezzel tartalékot képeznek az esésekre. Néhány esetben elég a tartalék, hogy visszatérjen a nyereséges fázisba, néhány esetben nem.

VI. Konklúzió és kitekintés

Hotelling által bemutatott horizontális termékdifferenciálás alapmodelljét építettem fel ágens alapú modellé. A modellt további kiterjesztésekkel vizsgáltam, amelyek több vállalat esetén is egyensúly felé terelték a piacot.

Először kétdimenzióra emeltem a modellt, amely során megerősítettem Hotelling minimális különbség elvét két vállalat esetén. A kiterjesztés nagyobb mozgásteret adott a vállalatoknak több vállalatszám esetén is, ezért következetesebben helyezkedtek el és fedték le a fogyasztók igényeit. Több vállalat mellett nem teljesül a minimális különbség elve, helyette lokális duopóliumokat alkottak a vállalatok. Tehát a piac egyszerre több, különböző helyén teljesült az elv, de globálisan nem. Az árváltozás engedélyezése tovább csökkentette a piac koncentrációját, és további egyensúlyi állapotok alakultak ki. A vállalatok árazása nagy kapcsolatot mutatott a legközelebbi szomszédtól mért távolsággal. A lokális duopóliumok alacsony áron értékesítettek több fogyasztó számára, míg a magányos vállalatok magas árakat is elkérhettek a termékükért.

A vállalatok kognitív képességeinek csökkentésével korlátozott racionalitást vezettem a modellbe. A vállalatok kisebb szinteken történő optimalizálása a vállalatokat egyensúlyi állapotba terelte. A szűkebb látókör bevezetése csökkentette a piac nagy és hirtelen mozgásait, amely segítségével a legnagyobb vállalatszám mellett is kialakult egyensúly. Az eredmények alapján elmondható, hogy a vállalatok kognitív képessége fordítottan arányos az egyensúlyi állapot meglétének hajlandóságával.

A költözések minőségének javítására költözési költséget vezettem be a modellbe. A költség nagyban függött az árszínvonalától, ezért a magasabb áron értékesítő vállalatokat kedvezte. Ennek következménye az átlagár és átlagbevétel megugrása volt. A költség tovább csökkentette a piaci koncentrációt, és megnövelte az egyensúlyba tartó konfigurációk számát.

A ki és belépő vállalatok esetét a csőd bevezetésével modelleztem. Kisebb vállalatszám esetén nem gyakorolt nagy hatást az egyensúlyra, nagyobb vállalatszám esetén felborult az

egyensúly. A belépő vállalatok a belépésükkori átlagáron kezdték az értékesítésüket, amely az árszínvonal további emelését eredményezte. Gyakran kialakult tranziens egyensúly, de a veszteséges vállalatok időzített bombaként valamikor csődbe mentek, amely az árak emelését eredményezte.

A modellben lineáris utazási költséget tételeztem fel a fogyasztók számára, amellyel a minimális különbség elve jelent meg a modellben. A szakirodalom alapján, a kvadrátikus utazási költség mellett a maximális különbség elvének teljesülése a várt eredmény. További kutatási kérdés lehet ehhez hasonló, fogyasztókra tett felvetések bevezetése ebbe a modellbe.

VII. Felhasznált irodalom

- Anderson, S. P., De Palma, A., & Thisse, J. F. (1992). *Discrete choice theory of product differentiation*. MIT Press, Cambridge.
- Aumann, R. J. (1995). Backward induction and common knowledge of rationality. *Games and Economic Behavior*, 8(1), 6–19.
- Boulding, K. (1966). *Economic analysis: Vol. I: Microeconomics* (4th edn). Harpers, New York.
- Caplin, A., & Nalebuff, B. (1991). Aggregation and imperfect competition: On the existence of equilibrium. *Econometrica*, 59(1), 25–59.
- d’Aspremont, C., Gabzewicz, J. J., & Thisse, J. F. (1979). On Hotelling’s stability in competition. *Econometrica*, 47, 1045–1050.
- De Gioia, G. (2017). A decomposition of the herfindahl index of concentration.
- Eaton, B., & Lipsey, R. G. (1975). The Principle of Minimum Differentiation Reconsidered: Some New Developments in the Theory of Spatial Competition. *Review of Economic Studies*, 42(1), 27–49.
- Eaton, B. O-L., Stonedahl, F., Veetil, V., & Wilensky, U. (2017). Spatial competition with interacting agents. *International Journal of Microsimulation*, 10(3), 75–91.
<https://doi.org/10.34196/IJM.00166>
- Farmer, J. D., & Foley, D. (2009). The economy needs agent-based modelling. *Nature*, 460(7256), 685–686.
- Halpern, J. Y., & Pass, R. (2015). Algorithmic rationality: Game theory with costly computation. *Journal of Economic Theory*, 156, 246–268.
- Hamilton, J., Thisse, J. F., & Weskamp, A. (1989). Spatial discrimination: Bertrand vs. Cournot in a model of location choice. *Regional Science and Urban Economics*, 19, 87–102.
- Hotelling, H. (1929). Stability in competition. *Economic Journal*, 39, 41–57.
- Irmen, A., & Thisse, J. F. (1998). Competition in multicharacteristics spaces: Hotelling was almost right. *Journal of Economic Theory*, 78, 76–102.
- Macy, M. W., & Flache, A. (2009). Social dynamics from the bottom up: Agent-based models of social interaction. In P. Hedström & P. Bearman (Eds.), *The Oxford handbook of analytical sociology* (pp. 245–268). Oxford University Press, Oxford.
- Miura, M., & Shiroishi, H. (2019). *Agent-Based Modeling and Simulation for Two-Dimensional Spatial Competition*. Innovation Center for Engineering Education, Tottori University, Tottori, Japan. Springer International Publishing AG, pp. 67–75.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-92031-3_7
- O’Sullivan, D., & Haklay, M. (2000). Agent-based models and individualism: Is the world agent-based? *Environment and Planning A*, 32(8), 1409–1425.
- Ottino, B., Stonedahl, F., & Wilensky, U. (2009). NetLogo Hotelling’s Law model. Retrieved from <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/models/Hotelling’sLaw>

B. Ottino-Loffler, F. Stonedahl, V. Veetil, U. Wilensky; 2017; Spatial competition with interacting agents; *International Journal of Microsimulation*; 10(3); 75-91. DOI: 10.34196/IJM.00166

Ricardo Biscaia, Isabel Mota. (2013). Models of spatial competition: A critical review. *Papers in Regional Science*, 92(4), 851–872. <https://doi.org/10.1111/j.1435-5957.2012.00441.x>.

Shoham, Y., & Leyton-Brown, K. (2009). *Multi-agent systems, algorithmic, game-theoretic, and logical foundations*. Cambridge University Press, Cambridge.

Tabuchi, T. (1994). Two-stage two-dimensional spatial competition between two firms. *Regional Science and Urban Economics*, 24(2), 207–227. [https://doi.org/10.1016/0166-0462\(93\)02031-W](https://doi.org/10.1016/0166-0462(93)02031-W)

van Leeuwen, E., & Lijesen, M. (2016). Agents playing Hotelling's game: An agent-based approach to a game theoretic model. *Annals of Regional Science*, 57, 393–411. <https://doi.org/10.1007/s00168-015-0711-z>

Váry, M. (2015). Piaci alkalmazkodás ragadós árak mellett – Calvo-típusú ármerevség egy ágensalapú modellben. *Közgazdasági Szemle*, LXII. évfolyam, pp. 48–77.