

Válasz Érdi Péter opponensi véleményére

Nagyon köszönöm Érdi Péter véleményét, ami egy másik perspektívából nézve, egyfajta tükröt tartva a kutatásaim elé, igen tanulságos és hasznos. Ezzel együtt úgy érzem, hogy lényegét tekintve támogató, aminek szívből örülök.

Természetesen osztom a bírálatból kiolvasható véleményt, mely szerint az evolúciós játékelmélet terminológiájával megragadott mikroszkopikus mechanizmusok feltárása előbb csak a megértés szintjén, majd később már a gyakorlati alkalmazhatóság formájában is megjelenhet. Ez lehet egy, a társadalmi folyamatokat a közjó irányába terelő törvény, de akár egy újfajta logika alapján tervezett gyógyszer is. Nyilván ettől még messze vagyunk.

A konkrét felvetések tételes megválaszolása előtt egy általános megjegyzést is szeretnék tenni az alkalmazott munkamódszert illetően. A bíráló időnként diszkrétan utal arra, hogy a vizsgált modellek meglehetősen minimalisták. Ez részemről egy tudatos, talán állíthatom, hogy a fizikus munkamódszert gyakran jellemző hozzáállás, amely program keretében a lehető legegyszerűbb modellek minél szélesebb körű feltérképezésével szeretném megérteni azok viselkedését és levonva azokat a lehető legszélesebb körben igaz konklúziókat, amik a kiindulási feltételből szükségszerűen következnek. Tapasztalataim alapján ez a fajta alulról építkező hozzáállás nem csupán „könnyebb”, hanem kikerülhetetlen, ha a bonyolultabb rendszerek lehetséges viselkedéseit akarjuk értelmezni. Egy példát említve, akár egy négy stratégiát (négy fajt) tartalmazó térbeli rendszer viselkedése is lehet olyan komplex, aminek a megértésére esélyünk sincs, ha előtte nem tisztázzuk az egyszerűbb, de emiatt esetleg kevésbé direkt módon alkalmazható részrendszerek lehetséges megoldásait. Ugyanakkor elismerem azt, hogy a minimális rendszerek deklarálása nyújt egyfajta „kényelmet”, mert az ennek alapjául szolgáló inspiráció származhat teljesen különböző területekről, a biológián át egészen a szociológiáig. Ezért viszont elsősorban a játékelmélet széles körben való alkalmazhatósága „vádolható”.

Az együttműködő stratégia fennmaradását kritizáló mondattal kapcsolatban sajnálom a kétértelmű fogalmazást. Itt, ahogy általában a bemutatott fázisdiagramok is sugallják, arra kell gondolnunk, hogy az együttműködő állapot képes, legalábbis nyomokban (de tartósan) fennmaradni az elősködők jelenlétében. Gyakran, amikor a csábítás mértéke nagy, már ezt is eredménynek kell értékelnünk.

A stratégia átadási valószínűségre természetesen az említett Fermi-függvényen kívül más függvényalakokat is használtak, illetve használnak, így teljesen jogos az eredmények robusztusságát firtató kérdés. A lehetőségek egy igen széles skáláját sorolja fel Szabó György és Fáth Gábor összefoglalója (Phys. Rep. 446, 97). Általánosságban a Fermi-függvényen alapuló valószínűség azért jó választás, mert lehetőséget nyújt arra, hogy a zaj hatását folytonosan hangolhassuk és így átölthessük a gyenge (majdnem véletlenszerű) és az erős (majdnem determinisztikus) szelekciós határeseteket. A zaj forrására még egy későbbi észrevétel kapcsán visszatérek, de már most érdemes leszögezni, hogy teljesen különböző területekről származó motivációk esetén is felmerült ugyanez a formula (Econ. Behav. 5, 387; Nature 428, 646). További fontos tulajdonsága ennek a függvénynek, hogy kis valószínűséggel bár, de lehetővé teszi a kevésbé ésszerűnek látszó stratégia átvételét is. Ez egy olyan extra zajforrás, ami révén a rendszernek lehetősége van kikerülni azokat a lokálisan jónak tűnő megoldásokat, amit globálisan speciálisnak (esetleg befagyottnak)

minősítünk. Másképpen fogalmazva ez a dinamika kellően általános ahhoz, hogy a széles körben érvényes (kevésbé mesterkelt) megoldásokat találjon. Mindez nem csupán spekuláció, hanem sok esetben tapasztalat is. Ugyanis, ahogy a dolgozat is röviden utal rá, pl. erősen heterogén fokszerű gráfok esetén a lényegesen eltérő nyeremények miatt a zaj-paraméterre nehéz minden játékosra egyformán interpretálható jelentést találni. Ezért ilyenkor más, nem-analitikus függvényeket (explicit zaj-paramétert nem tartalmazó) függvényeket alkalmazunk (erre példa a 2.2. egyenlet). Vannak viszont akiket ez a körülmény nem zavar – a modellt magát nézik – és az eltérő függvények ellenére kvalitatíven hasonló eredményt kapnak (PRE 76, 045102(R); 82, 047101; Phys. Lett. A 372,1161). De például a heterogenitásból fakadó előnyt más dinamikák és más jellegű, többszereplős közlegelő játékok esetén is bizonyították (Nature 454, 213). Természetesen nem szeretném a méltatott dinamika univerzális voltát hirdetni, hiszen bizonyos rendszerek esetén nem is alkalmazható, ráadásul vannak olyan megoldások, amit ilyen módon nem érhetünk el. Például az imitáció révén nem alakulhat ki olyan „szereposztás”, amiben az együttműködő és az élőködő stratégia térben váltakozva eredményez adott nyereményértékek esetén optimális megoldást. Ez utóbbi viszont kialakulhat akkor, ha a stratégiafrissítés a játékos rövidtávú érdekét szem előtt tartó (myopic) szabály szerint történik (PRE 82, 026110).

A játékosok különbözőségének a globális együttműködési szintre gyakorolt hatása valóban egy nagyon sok irányból, sokféle szempont alapján körbejárt probléma. Arra már a bíráló által említett úttörő munka is rámutatott, hogy az együttműködőknek akkor van esélyük versenyképes nyereményt elérni, ha a térbeliség nyújtotta *korlátozott* kapcsolati rendszer révén „összefognak”. Ezt az összefogást gyorsíthatja fel, ha a játékosok nem egyenrangúak, hanem bizonyos információs centrumokból „vezérelve” lokálisan azonos stratégiát követnek. Ez az a pont, ahol magasabb szinten, lényegében csoportok között, már felszínre kerülhet az eltérő stratégiákból származó átlagos nyeremények különbsége. A kulcs tehát nem is igazán a sokszínűség, hanem sokkal inkább egyfajta hierarchia, ami segít felszínre hozni a hosszútávon előnyösebb stratégiát. A hierarchia evolúciós hasznát azóta már kísérleti vizsgálat is alátámasztja, természetesen az egyedi követhetőség itt még korlátozza a vizsgálható rendszereket (Nature 464, 890). A vázolt kép alapján érthető, hogy miért „segít” a skálamentes gráffal jellemezhető kölcsönhatási struktúra és miért hasznos szintén az egyenlőtlen tanítási képesség, illetve miért „haszontalan” a különböző tanulási képesség (ez utóbbi esetben nem jönnek létre homogén gócek). A tisztulni látszó képet némileg zavarja, hogy a tanulási képesség egyedi, időszakos változása is képes lehet lényegesen befolyásolni az együttműködők esélyeit (PRE 82, 036110), de itt már egy másik mechanizmusról lehet szó.

Lényegében a bimodális eloszlás határeseteként tekinthető az, amikor csupán kétféle játékot különböztetünk meg, ez utóbbi (minimális) modellről már kiderült annak pozitív következménye. Az előbb sugallt kép alapján a kérdéses általánosabb eloszlás is elősegítheti azt, hogy valamilyen mértékben kinyilvánuljon a csoportszinten előnyösebb együttműködés. A modell közvetlen interpretációját sajnos nem látom, de a lehetséges területek gazdag választéka szinte biztosan kínál olyan valós rendszert, amit ezzel az eloszlással lehet modellezni.

Érdi Péter felveti, hogy a tekintély spontán kialakulásánál természetesnek vett volna egy olyan vizsgálatot, ahol a kapcsolati rendszer is spontán módon alakulhatna. Valóban, ez egy

valós élethelyzetekkel nagyon könnyen alátámasztható igény. Ezzel kapcsolatban a már említett minimalista, kezdeti lépésként „egyszerre csak egy hatást vizsgáljunk” hozzáállást képviseltem. Természetesen az életszerűbb (bonyolultabb) modellek tanulmányozása ezen tapasztalatokból felépítve szintén lehetséges és a kapcsolati rendszer változása valószínűleg egy erre pozitívan rásegítő hatást jelent, amint azt a 3.4. fejezetben tárgyalt modell is sugallja.

Elismerem, hogy a tanítási képesség egy adott küszöbnél való leállítására messze nem a legegyszerűbb módja annak a technikai nehézségnek, amivel általában minden növekvő gráf esetén is találkozhatunk. Szerencsére a fejlődés lényegében nagyon hasonló, ha az említett képesség másként, folyamatosan, de eltérő mértékben növekedve változik. A nyilvánvaló kritizálhatósága ellenére a modell értékét abban látom, hogy rávilágított arra, hogy egy nagyon egyszerű, „stratégia-semleges” mechanizmus révén a rendszer képes olyan állapotba szerveződni, ami viszont már csak az egyik stratégiának igazán előnyös. Ezt azért érdemes hangsúlyozni, mert gyakran felmerülnek olyan modellek amik eltérő dinamikát írnak elő az eltérő stratégiák közötti kapcsolatra, egyfajta kognitív képességet feltételezve a játékosoktól. Ez utóbbi nyilván szűkíti a lehetséges alkalmazások körét.

Természetesen nem tulajdonítok túl nagy jelentőséget annak, hogy az említett modellben közel azonos növekmény használatánál sikerült a lehető legnagyobb mértékű együttműködést elérni a fogoly-dilemma és a héja-galamb játékoknál. Az azonos növekmény használata inkább csak azt a kényelmet szolgálta, hogy minimalizáljuk a paraméterek nyújtotta szabadsági fokokat. Ettől függetlenül igaz, hogy se a túl nagy, se a túl kicsi növekmény használata nem szolgálja a kívánatos heterogén populáció elérését.

A 3.2. fejezetben ismertetett rendszerben a növekvő kapcsolati szám maximalizálása ismét egy minimalista módja annak a megragadásának, hogy bizonyos kapcsolatnál többet a játékosok nem képesek kezelni. Ez a dilemma a skálamentes gráfot használó topológia esetén is felmerült, amire egyfajta válasz lehet a kapcsolatokból származó nyeremények normálása. Mivel itt a játékosok száma rögzített, ezért a növekvő kapcsolati számból eredő nehézséggel itt is szembe kellett nézni. A bíráló véleményével teljes mértékben egyetérték: a kvantitatív értékeket nem szabad túl komolyan venni, ilyen nem is várhatunk egy ilyen egyszerű modelltől, de azt mindenképpen érvényes felismerésnek tartom, hogy az információs centrumok (vezetők, tekintélyek) között fennállhat egy olyan közbenső mértékű kapcsolat, ami a leginkább előnyös az együttműködést képviselő stratégia számára. Ezt egy másik modell direkt ezt célzó vizsgálata is alátámasztotta (PRE 78, 066101).

A kor-tanítási képesség korrelációját vizsgáló modell értékelésénél felmerül a bírálóban, hogy miként kell azt értelmezni, hogy a stratégiát átvevő játékos kora (és így a stratégiaátadó képessége) nullázódik. A válaszom korábbi részében már utaltam rá, hogy a játékelmélet nyújtotta koncepció viszonylag nagy szabadságot ad a tanulmányozni kívánt rendszerek körét illetően. Ezt illusztrálva, az említett modell esetén talán több lehetőség is adódik. Egy biológus számára könnyen elfogadható az, hogy a nagyobb nyereményből származó stratégiaátadást, mint egy nagyobb fitnessszel rendelkező egyed utódkihelyezését tekintjük. Ilyenkor a felbukkanó utód nem azonnal képes reprodukálódni, tehát a mi nyelvezetünk szerint stratégiát átadni. Ezt a fajta korlátozottságot kezelhetjük egyszerűen a stratégiaátadási képességet determináló kor nullázódásával. Egy szociológiából származó példa szerint a stratégia átadást, mint egyfajta „tanácsadást” is tekinthetjük. Itt nyilván az a játékos, aki

éppen „váltott” nem ugyanazzal a tekintéllyel rendelkezik, mint az, amelyik már hosszú ideje (a nyeresége révén) sikeresen fenn tudta tartani a stratégiáját. Elismerem, ez utóbbi illusztráció kis jóindulatot is feltételez. A modell legfontosabb üzenet az, hogy az eredmények robusztusak akkor is, ha pl. a tekintély egy bizonyos kor után ismét csökken ... A kulcsmomentum, amely a dinamika stratégia-semlegessége ellenére nem egyforma hatás eredményez a vetélkedő stratégiák esetén az, hogy az „újszülöttek”, illetve nemrég stratégiát váltók stratégiaátadó képességét kell „korlátozni” a kívánt hatás érdekében.

A 3.4.1. fejezetben tárgyalt héja-galamb játék esetén valóban csak szűkszavú utalás van az 1. fejezetben bevezetett r paraméterre. Valószínűleg segítette volna a dolgozat olvashatóságát, ha a definíciót itt is említtem.

Mivel a dolgozat egyik tanulsága az lehet, hogy a tekintélyek jelenléte evolúciósan hasznos, ezért legkevésbé állt szándékomban olyan tekintélyek, mint Peter Schuster vagy Karl Sigmund munkáit figyelmen kívül hagyni. Nyilvánvalóan körültekintőbben is ki lehetett volna választani a hivatkozásokat, ahol elsősorban a térbeli és nem a mean-field-szerű, Lotka-Volterra-egyenletekkel leírható rendszerekre koncentráltam. Ugyanakkor jogosnak és általánosan megfontolandónak tartom azt az intelmet, amely a korábbi munkák fontosságára utal.

Végül a zaj paraméter lehetséges interpretációjára szeretnék reagálni. Általános nézet szerint azt a hatást, amiről keveset tudunk egy „zajnak” nevezett tagba próbáljuk foglalni. Éppen abból következően, hogy teljesen különböző (biológiai, szociológiai, közgazdaságtani) indítatású problémák egy lehetséges közös tárgyalását jelenthetik a játékelméleti modellek, ezért az ismeretlen hatás is különböző forrásból származhat. Biológia rendszerek esetén ezt szokás szelekciós erősségnek, emberek alkotta rendszereknél kognitív hiba gyakoriságát kifejező paraméternek, míg közgazdasági rendszerek esetén kifejezheti azt is, hogy az egyes szereplő mekkora nyeresémet hajlandó kockáztatni egy még kedvezőbb állapot elérése érdekében. Természetesen egyet lehet érteni a bírálatban megfogalmazott véleménnyel, miszerint a konkrét rendszerek esetén törekedni kell ennek a forrásnak a leszűkítésére. Ezzel együtt talán mégse alaptalan azt a tanulságot levonni, hogy az ilyen „irracionális” vagy nem determinisztikus hatások általánosan is okozhatnak meglepő (pl. nem monoton) viselkedést a játékelmélet által tárgyalt rendszerekben.