

Válasz Derényi Imre opponensi véleményére

Nagyon köszönöm Derényi Imre támogató véleményét, a kritikai észrevételekre és a feltett kérdésekre a következőket szeretném válaszolni.

Felmerült, hogy a mikroszkopikus dinamika során zavaró lehet kétféle stratégiaátadási függvényt (1.3. és 1.4. képletek) használni. Ahogy a bíráló is utal rá, itt valóban több szempontot is figyelembe lehet venni az egyes modellek definíciójánál. Természetes törekvés az, hogy az új modell lehetőség szerint minél kevésbé térjen el egy már korábban használttól, ezzel is megkönnyítve a módosítás következtében fellépő változás okának az azonosítását. Ugyanakkor az inhomogén fokszámeloszlású gráf esetén a nyeremények normálása jelentős változást eredményez, ami nagyon tanulságos és rávilágít az ilyen kapcsolati gráfoknál fellépő lényeges együttműködés forrására. Általánosan az egységes dinamika használatát az is nehezíti, hogy a lényegében nagyon hasonló modelleket gyakran meglehetősen különböző területről érkező, más motivációkkal rendelkező kutatók vetik fel, így ez a fajta „koordinációs játék” még most is tart.

A „hierarchia” szó használatánál azt a felismerést szerettem volna visszaadni, hogy a heterogenitás nem olyan feltétel, ami már önmagában magasabb együttműködést eredményez a játékosok között. Például a heterogén tanulási képesség, vagy az eltérő erősségű kapcsolatok lehetősége nem eredményezi a kívánt hatást. Az eltérő kapcsolati számból fakadó kiemelt nyereménnyel rendelkező játékosoknak illetve más esetben a kiemelt stratégiaátadási képességgel rendelkező játékosoknak éppen az a szerepük, hogy „rákényszerítik” a környezetükre az azonos stratégiát és így könnyebben felszínre kerül a közösség számára nagyobb nyereményt biztosító együttműködés előnye. Ehhez tehát kell az eltérő súlyú, valamilyen értelemben hierarchikus viszonyban lévő játékosok jelenléte. Sajnálom, ha a megfogalmazás félreértésre adhatott okot.

A bíráló által felvetett mutáció lehetősége a tanulási mód kiválasztódását tanulmányozó modellben valóban egy olyan ötlet, amit érdemes a közeljövőben alaposabban is megvizsgálni. Vizsgálataink azt igazolták, hogy egy gyenge mutáció bevezetésével is kizárólag egy K_i marad életben. Azt, hogy a mutációk a dinamikai folyamatokat lényegesen befolyásolhatják egy reális hatás lehet, amit jól illusztrál egy olyan, a dolgozat befejezését követő munkánk, ami egy több-stratégias modell esetén vizsgálta ennek a lehetőséget (PRE 81, 057104).

A 61. oldalon bemutatott tanítási képesség–életkor függvény kapcsán a bírálat rámutat arra, hogy ott helytelenül szerepel az $\alpha=2$ érték, mint határeset. Valóban, ha az egyszerűség kedvéért homogén koreloszlást feltételezünk, akkor a tanítási képesség, mint valószínűségi

változó sűrűségfüggvénye $Q(w)=\frac{1}{\alpha}w^{\frac{1}{\alpha}-1}$, ami $\alpha>1$ esetén vált monoton csökkenővé, így

a modell eredeti motivációjával összhangban bármely, ebből az intervallumból vett érték használható. Az $\alpha=2$ érték csupán egy kényelmes választás, ahol a vizsgálni kívánt hatás már kellően nagy, de nem túlságosan hangsúlyos. Sajnálom ezt a figyelmetlenségből származó elírást.

A 4.6. ábra diszkussziója kapcsán Derényi Imre utal arra, hogy pontatlan az a

megfogalmazás, miszerint „az említett paraméterérték kizárólagossá fog válni”. A bírálóat jogos, az állítás pontosításra szorul. Attól a ponttól kezdve, amikor már csak az élősködő stratégia van jelen, a nyereménykülönbségek eltűnése miatt a K paraméter kiválasztódásával összefüggő változás ekvivalenssé válik a szavazó modell dinamikájával. Itt véges rendszerben valóban bármelyik, még jelenlévő K_i végállapot lehetséges, az említett paraméterérték kizárólagossá válásának csupán nagyobb a valószínűsége.

A koevolúciós szóhasználatot felvető kérdés esetén valóban igaz az a bírálói észrevétel, hogy bármely, akár a játéktól független mechanizmus is képes lehet olyan környezetet biztosítani, ami hosszútávon az együttműködést segíti. (Az első, skálamentes tulajdonságú gráf generálása is független volt a játéktól.) A koevolúciós kifejezést abban az értelemben gondoltam helyénvalónak, hogy a játékos stratégiaátadásban megnyilvánuló „sikere” (vagy annak hiánya) visszahat a további stratégiaátadások lehetőségére, ilyen módon is befolyásolva a későbbi sikerességét. Végző soron egy játékos sikeressége a stratégiájának az átadásában nyilvánul meg. Ebben az értelemben a rendszerben a stratégia változása és játékosok stratégiaátadó képessége együtt fejlődik. Mivel az említett sikeresség kezdetben az élősködést képviselő játékosoknál egyértelműbb, így az őket támogató szabály esetén határozottabban jöhet létre az a struktúra, pontosabban a játékosok kölcsönhatását jellemző viszony, ami hosszútávon az együttműködést segíti. A szóhasználat „védelmében” megemlíteném, hogy ez a kifejezés elsősorban a jelenségek általános tulajdonságait vizsgáló fizikusok körében vált elfogadottá. Ugyanakkor elismerem, hogy különösen a biológusok körében a fenti kifejezést kissé más értelemben is használhatják.

A héja-galamb játékban megfigyelhető oszcilláció eredetére vonatkozó kérdéssel kapcsolatban elmondható, hogy az oszcilláció csak akkor tud kialakulni, ha kellően gyakran történik a csoportok között lehetőség az információ cserére (az új kötések révén). Ellenkező esetben a csoportok hatékonyan homogenizálódnak. (Ez a viselkedés kissé hasonlít arra a korábban megfigyelt jelenségre, amikor a kő-papír-olló játékban a kapcsolati topológiában bevezetett kis-világ hatás révén tudnak az egyébként független mintázatok azonos fázisban együtt változni. (J. Phys. A: Math. Gen. 37, 2599)) A most tárgyalt rendszerben az is megfigyelhető, hogy az átlagos együttműködési szintben akkor történik gyors hanyatlás, amikor a nagy kapcsolati számmal – és így a nagy nyeremény révén nagy befolyással – rendelkező játékosok kapcsolatai (és így a befolyása) megszűnik. Ilyenkor az együttműködést segítő „hierarchikus” kapcsolati rend felbomlik és az erősen rendezetlen környezet rövidtávon újra az élősködésnek kedvez. Természetesen ez az érvelés csak nagyon kezdetlegesen magyarázza az említett oszcillációt, hiszen ez alapján még nem lehet érteni, hogy miért tűnik el olyan élesen az oszcilláció a nyeremenymátrix (r) változtatásával.

A kapcsolat-függő stratégiaválasztás lehetőségét felvető bírálói javaslatot nagyon jónak tartom, valószínűleg könnyen találhatunk valós életből származó példákat rá. Már mi is gondoltunk erre a lehetőségre és egy hasonló motivációjú modell vizsgálatát most kezdtük el. Olyan vizsgálatot, amelyben a játékosok a közlegelő játék keretein belül az egyes csoportok nyereményéhez eltérő mértékben járultak hozzá már publikáltak (Physica A 389, 3166), de a párkölcsönhatás szintjén nincs ilyen ismert eredmény. Elképzelhető, hogy ha a „győztes mindent visz” elv szellemében alakítjuk a mikroszkopikus szabályokat, akkor olyan környezet áll elő, ami hosszútávon az együttműködést segítheti.

A modellvizsgálatok célját illetően teljes mértékben osztom a bíráló véleményét, hogy

azoknak a valóság megismerését kell szolgálnia. Ugyanakkor a megérteni kívánt rendszerek bonyolultsága miatt hasznosnak tartom azt a megközelítést, amelyik kezdetben nem feltétlen a valósághoz leginkább hű (és ezért sok paramétert tartalmazó) modelljének a vizsgálatát célozza meg, hanem először esetleg attól lényegesen egyszerűbb és ezért direkt módon nem szükségszerűen alkalmazható modellek viselkedését tisztázza. Ennek az eredménye eleve meghatározhatja azt a keretet, amit egy bonyolultabb modell kitűzése révén elérhetünk, illetve komoly segítséget is jelenthet a reálisabb rendszerek valós viselkedésének a feltárásához. Ez utóbbi különösen igaz a több stratégiát feltételező térbeli modellek esetén, ahol komoly numerikus nehézségek léphetnek fel. Ugyanakkor egy absztrakt vagy „minimál” modell vizsgálata a játékelmélet gazdag alkalmazhatósága miatt elvileg több tudományág érdeklődési körébe tartozó, elvileg különböző rendszerek esetén is hasznosnak bizonyulhat. A dolgozatban vizsgált modellek egyik tanulsága az lehet, hogy pl. humán rendszerek esetén azok a szabályok (törvények) segítik hosszútávon a közösség számára előnyösebb állapot kialakulását, amelyek a lokális kapcsolatok révén erősítik a szereplők viselkedésének a visszacsatolódását. Ugyanakkor fontos egyfajta „információ csere” az adott szintű közösségek között, ellenkező esetben az izoláltság nem teszi lehetővé az eltérő szinten teljesítő csoportok összehasonlítását. Érdekes tanulság volt az is, hogy a közösségben oly gyakran megfigyelhető „tekintélyek” jelenléte egy evolúciós folyamat eredményeként is felfogható, mert döntő szerepük lehet a közösség számára kedvezőbb állapot elérésében. Természetesen nem szabad minden, a minimális modellekből származó eredmény szigorúan vett közvetlen adaptációját keresni, hiszen az ilyen típusú vizsgálatok az olyan mechanizmusok feltárását célozzák, amik általános elvként figyelhetők meg egy-egy konkrét jelenségnél. Ha szabad egy klasszikust idéznem, valahogy úgy, ahogy John Maynard Smith reagált, értesülve a gyíkok között megfigyelhető ciklikus dominanciáról: „Ők is olvasták a könyvemet!” (Theor. Popul. Biol. 68, 7)