

Spontaneous symmetry breaking of cooperation between species

(A fajok közötti együttműködés spontán szimmetriasértése)

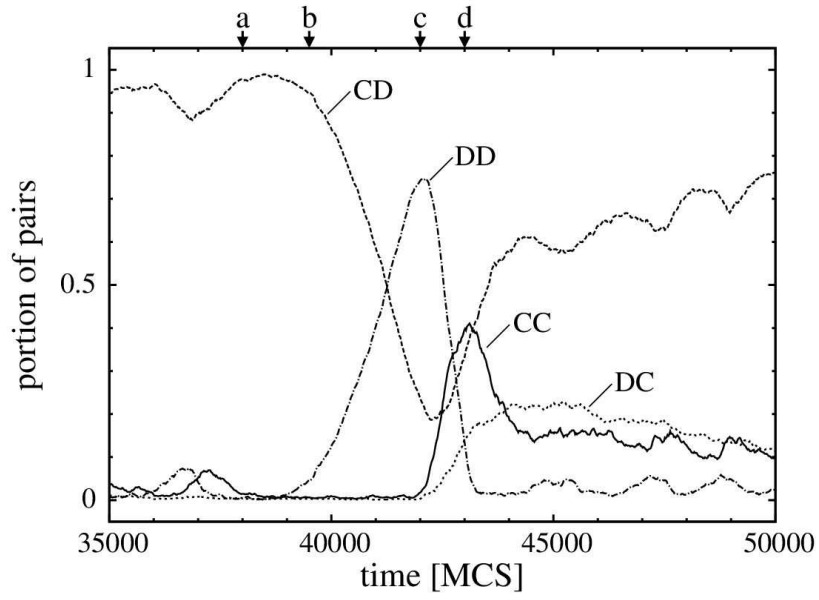
Christoph Hauert and György Szabó

PNAS Nexus 3 (2024) 326

Az evolúciós játékelmélet a biológiai és a társadalmi folyamatok megértéséhez ad egy matematikai háttérrel. Ezen a területen az egyik legfontosabb kérdés a társadalmi csapda helyzetek által okozott közösségi károk csökkentése. Ennek az élethelyzetnek a legegyszerűbb játékelméleti modellje az adományozó játék, amikor két játékos arról dönt egymástól függetlenül, hogy a játékosok hajlandóak-e befizetni egy költséget azért, hogy a másik játékos magasabb jövedelmet kapjon. Ebben a játékban az egyéni önzés a játékosok döntésétől függetlenül a D stratégiának nevezett döntést diktálja, amikor nem fizetik be a költséget. Ilyenkor a játékosok semmilyen jövedelmet sem kapnak. Ezzel szemben ha mindketten befizetik a költséget (C stratégia), akkor magasabb jövedelemre tesznek szert. A társadalmi csapda azt jelenti, hogy az egyéni önzés által diktált választásnál a játékosok alacsonyabb jövedelemre tesznek szert ahhoz képest, amit a közösségi érdek diktálna. Hasonló áldozatvállalás (kooperatív magatartás) segíthet például a környezetvédelemben, az egészségügyben és a közlekedésben, mert ezeken a területeken egyéni áldozatvállalás szükséges a közösségi jólét eléréséhez. A korábbi evolúciós játékelméleti kutatások számos olyan lehetőségre mutattak rá, amelyekkel elősegíthető a társadalmi csapda helyzetek elkerülése (pl. büntetés, jutalmazás vagy önkéntes részvétel az ismétlődő játékokban). Hasonló pozitív hatás érhető el a sokszereplős evolúciós rendszerekben, ha a kölcsönhatások és a stratégiautánzások egy szűk környezetre korlátozódnak.

Christoph Hauert és Szabó György olyan irányban fejlesztették tovább ezeket a vizsgálatokat, hogy a kölcsönhatás és a stratégiautánzás kapcsolatrendszeri különbségek egymástól. Az általuk vizsgált matematikai modellben a játékosok két egymás fölött elhelyezkedő négyzet rácspontjain helyezkednek el. Nyereségük adományozó játékokból származik, amit a másik rétegen elhelyezkedő öt legközelebbi szomszédal játszanak. Ugyanakkor a játékosok a sikeresebb stratégia utánzásánál csak az azonos rétegen elhelyezkedő négy legközelebbi szomszédot veszik figyelembe. Számítógépes szimulációkkal vizsgálták, hogyan változik a közösség számára hasznos magatartás gyakorisága mindkét rétegben, ha változtatjuk a költség/haszon arányt. Ha a költség/haszon arány meghalad egy kritikus értéket, akkor ebben a modellben mindenki az élőködést választja. Alacsonyabb költség/haszon arány esetén mindkét rétegben megjelenik a közösség számára hasznos magatartás, aminek aránya növekszik, ha csökkentjük ezt a paramétert. További csökkentés esetén azonban az élőködők és áldozatvállalók aránya különböző lesz. Ebben a tartományban az egyik réteg szereplői kizsákmányolják a másik réteg tagjait. A jelenség érdekessége, hogy az élőködő réteg kiválasztódása véletlen hasonlóan ahhoz, ahogyan ez megjelenik a mágnesezettség fizikai modelljeiben.

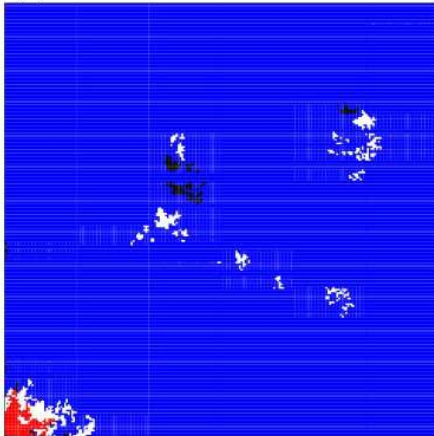
Hasonlóan érdekes jelenség, hogy még alacsonyabb költség/haszon aránynál a rendszerben egyre ritkább és nagyobb méretű élőködő tartományok jelennek meg majd később tűnnek el. Ezt illusztrálja az egymás felett elhelyezkedő játékosoknál a négyféle lehetséges stratégiapár (CC, CD, DC, és DD) gyakoriságának időbeli változása egy nagy rendszer kisebb (240*240 rácspontpárt tartalmazó) négyzet alakú tartományán belül.



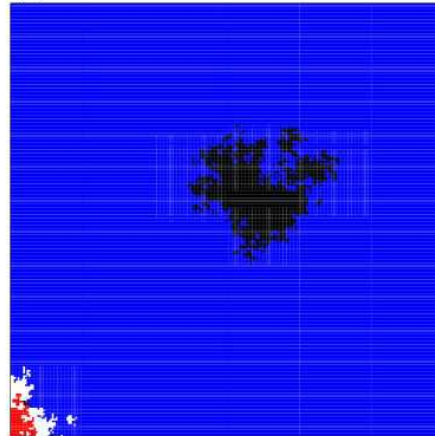
A stratégiapárok térbeli eloszlásának változását mutatja a következő négy ábra az a, b, c, és d időpontokban.

Strategy pairs: CC: CD: DC: DD:

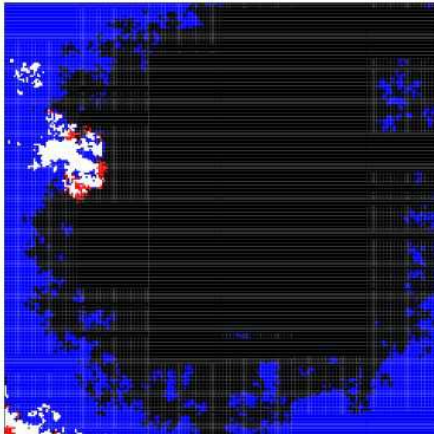
(a) $t=38000$ MCS



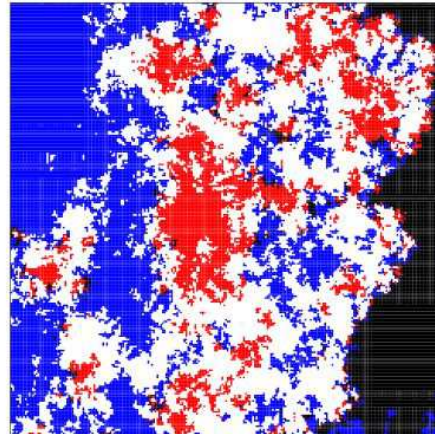
(b) $t=39500$ MCS



(c) $t=42000$ MCS



(d) $t=43000$ MCS



A kezdetben domináns CD stratégiapár tartományán belül a felső réteg játékosai kizsákmányolják az alsó réteg szereplőit. A spontán szimmetriasérülés miatt sokkal kisebb azon (DC) tartományok mérete, ahol ellentétes irányú az elősködés. A két tartomány határán képződnek azok a kisméretű tartományt alkotó CC és DD stratégiapárok, amelyek az evolúciós dinamikai szabályok miatt terjedhetnek el a CD tartomány belsejében is (a ábra). Ennél a kölcsönhatásnál a DD pár az életképesebb és ha mérete elegendően nagy lesz, akkor meghódíthatja a DC tartomány területét (b ábra). Ez a hódítás azonban csak addig tart, amíg nincs a közelben a DD-t meghódítani képes CC tartomány (c ábra), amelyik folyamatosan képződik a CD és DC határán. A stratégiapárok között érvenyesülő körbeverés eredménye egy lassú folyamat az eredeti CD dominancia felé (d ábra). A folyamatosan ismétlődő lavina jelenségek nagyméretű bizonytalanságot és lassú fejlődést vonnak maguk után.

Hivatkozási forrás:

<https://academic.oup.com/pnasnexus/article/3/9/pgae326/7730428>