

Tisztelt Bizottság!

Az alábbiakban röviden összefoglalom a Doktori Iskolában töltött első félévem kutatási munkáját.

A képzésre elméleti asztrofizika végzettséggel a hátam mögött nyertem felvételt. A komplex rendszerek, ill. a biológia témaköréből számos specit hallgattam már az MSc során is, így ennek a félévnek az első célja Vicsek Tamás és Vásárhelyi Gábor témavezetőim által kutatott témakörök (kollektív mozgás, drónforgalom, csoportos üldözés, kollektív döntéshozatal, hierarchiák) nemzetközi irodalmának alapos megismerése volt. Ez előfeltétele a félév másik céljának, ezeken a témakörökön belül konkrét témát találni magamnak, amelyből első publikációim elkészülhetnek. Mivel a modellek hosszú szimulációs futásai és a megosztott témavezetés intézménye ezt lehetővé teszik, arra a döntésre jutottunk, hogy két témába vágok bele, így kihasználva a futások eredményét váró napokat a jövőben.

Az **egyik témám** a hierarchiák témakörébe tartozik. Csányi Vilmos *Agresszió az élővilágban* c. könyvét az olimpiai közvetítések alatt olvastam, és arra csodálkoztam rá, hogy a könyvben leírt minden állati magatartásforma, amit az egy fajba tartozó egyedek dominanciaharcaik során gyakorolnak, könnyedén felismerhető a képernyőn látottakban. A kutatócsoport élénken foglalkozik az állatvilágban [Nagy és mtsai, 2010; Nagy, Vásárhelyi és mtsaik, 2013] és az emberek között [Nepusz és Vicsek, 2013; Zafaris és Vicsek, 2013; Mones, Pollner és Vicsek, 2014; Palla, Barabási és Vicsek, 2007] kialakuló *együttműködések*et jellemző hálózatokkal, így bőséges tudásanyag [Mones, Vicsek és Vicsek 2012] áll rendelkezésre az egymással *versengő* egyedek csoportjainak kvantitatív vizsgálatához is, a korábbi eredmények megfelelő továbbgondolásával. Ennek az új megközelítésnek előnye az, hogy versenyhelyzetben természetesen adódik egy gráf irányított élének értelmezése: az egyik csúcs legyőzi a másikat. Könnyen hozzáférhető adathalmazt szolgáltat egymással versengő ágensek vizsgálatához a sport világa. Elsőként úgy közelítünk a kompetitív szituációkhoz, hogy azokban n számú képesség/jártasság/előny tud érvényesülni, és mindenki a saját erőnyeit szeretné kidomborítani miközben az ellenfél gyengeségeire játszik rá. A cikk szerkezete hasonló lesz Ozogány és Vicsek 2014-es munkájához, melyben bonyolult adatelemzéssel hálózatokká szerveztek egy valós rendszert, majd egy ötletes és helytálló modellel vissza tudták adni annak minden fontos tulajdonságát. A modell pontos leírásától hely hiányában tartózkodnék, remélhetőleg olvasható lesz a jövőben publikált formában, inkább a vizsgálandó kérdések bemutatására szorítkozom.

Érdekes kérdés, hogy n függvényében hogyan változik a kialakuló hálózatok struktúrája, ezt érdemes lehet összevetni a valós sportokban kialakuló hálózatokkal, hiszen az összetett sportok (öttusa, triatlon, sílövészet, tízpróba) remek támpontot adnak a modell ellenőrzéséhez. A valós hálózatok hierarchikus tulajdonságait össze lehet vetni a nézettségi adatokkal, előzetes várakozásaink szerint túl kaotikus hálózatokban nincsenek kiemelkedő egyéniségek, túl rendezett hálózatokban nincsen izgalom, így mindkét típus híján van nézőknek, míg az *auream mediocritas* sportjai bővelkednek rajongókban, így szponzorokban is. Ennek a valós problémának egy orvoslását is lehet, hogy a modell fogja szállítani.

Célszerű ugyanis utánajárni, hogyan hat rögzített n esetén annak a populációnak az egyedszáma, amiből a 100 legrátermettebb ágens kikerül.

Ezen kérdésekre kapott válaszok függvényében középtávon sokfelé lehet továbblépni a témában. A modellt ki lehet terjeszteni olyan esetekre, ahol sok területen való jártasságot igénylő helyzetekben működnek együtt emberek, például interdiszciplináris kutatásokban. Vizsgálni lehet egyéb versenyhelyzeteket, például, hogy az emberi párválasztásban több tulajdonságot veszünk-e figyelembe, ha már ismerjük az illetőt vagy ha csak képről látjuk. Persze mindkét felsorolt ötletnél igaz, hogy nehezen lehet megbízható adatahoz jutni. Ezért fontos, hogy először olyan jól dokumentált helyzeteket értsünk meg, ahol mindkét fél célja szövegyszerű: nyerni. Egy itt működő modell aspirálhat a komplexebb, kevertebb szituációk megértésére.

Másik témám a csoportos üldözés, menekülés lesz. Itt a "sok üldöző hajsza egy gyorsabb menekülőt" témában elért eredmények vitték publikációig [Janosov és mtsai, 2017]. Az általam vizsgálni kívánt felállítás az lenne, hogy sok üldöző próbál szeparálni egy-két egyed a menekülő csoportjából és azt kifárasztva utolérni. Továbbra is gyorsabb menekülő esetében erre az adna lehetőséget, hogy limitált energia mellett az üldözők hatékonyabban használják fel az erőforrásaikat. A témának antropológiai jelentősége is van Bramble és Lieberman 2004-es Nature publikációja óta, amely cikkben számos arra utaló felfedezést és eredményt publikálnak, hogy a *Homo sapiens* a törzsfajlódás során a hosszútávú futásra optimalizálódott, áldozatait mozgásképtelenné fárasztva ejtette el zsákmányát, így jutva a nagy relatív agytérfogat fenntartásához elengedhetetlen, energiában gazdag tápanyaghoz. A kutatócsoport korábbi eredményei háromban határozták meg az együtt vadászó ragadozók számát, ami jó egyezést mutat az állatvilágban megfigyelttel, így erősítve a modellt. Ideális esetben jó lenne azt látni, hogy a fárasztásos vadászatban résztvevő egyedszám az emberi szerveződésekre jellemző Dunbar-számok (5-15-50-150) környékén optimális.

Természetesen mindkét témára vonatkozik, hogy ha tudnánk előre az eredményt, nem kéne kutatni. Mindkét esetben arról akartam csupán képet adni, hogy milyen kérdéseket tudtam megfogalmazni, amik a színvonalas kutatómunkához elengedhetetlen kíváncsisággal töltenek el. Ez a fél év ennek a jegyében telt.

Az **irodalmazás** során elolvasott további cikkek, melyeket nem említek a témaleírásoknál, és azok számomra legfontosabbnak tűnő eredményei:

- [Couzin és mtsai., 2005]: megkerülhetetlen cikk a csoportos mozgás témaköréből. Kevés jól informált egyed már el tud navigálni egy egész csoportot csak lokális interakciókon keresztül, anélkül, hogy tudnák egymásról, hogy ki mit tud.
- [Eaton, 1970]: Biológusok megfigyelései gepárdok vadászati szokásairól. Kevés adat fizikus szemmel.
- [Quera és mtsai., 2016]: Ötletes modell a koordinált közös mozgás leírására az egyedek elégedetlenségén keresztül, viszont semmivel sem erősebb az általuk kritizált korábbi modelleknél.
- [Packer és Ruttan, 1988]: A csoportos vadászat evolúciós hasznának egy játékelméleti megközelítése. A használt paramétereket sehogyan sem tudják relálni a valósághoz.

- [Hartnett és mtsai., 2016]: Egybites döntési helyzetekben emberek között a nemlineáris kölcsönhatás a vélemények között a komoly meggyőződésű kisebbséget részesíti előnyben, míg a linearitás a csendes többségnek kedvez. Plauzibilis kiindulási alaptól meggyőző eredmények.
- [Számadó, 2010]: Szemléletes érvek, hogy az emberi nyelv kialakulásának ideális alapja a vadászat sikeréhez szükséges kommunikáció. Egyben egy remek összefoglaló az antropológia témába vágó fejezeteiről.
- [Mithe, 2009]: Hasonló Számadó cikkéhez, itt a zene játszik hasonló szerepet egy korábbi fázisában az emberré válásnak.
- [Smith és mtsai., 2012]: Bőséges adathalmaz a húsevő emlősök együttműködéséről, szem előtt tartva az emberi evolúcióra vonatkozó aspektusokat.
- [Szabó és Király, 2016]: Ising típusú koordinációs játékok rácson. A semleges stratégiák számának növelésével 27 feletti stratégiaszámnál a fázisátalakulás elsőrendűvé válik.
- [Szabó és mtsai., 2016]: Játékelméleti helyzetekben a mátrixokat hierarchikus és körkörös gráfoknak megfelelő komponensekre lehet bontani.
- [Virágh és mtsai, 2016]: Drónforgalmi algoritmusok teljesítőképessége különböző szituációkban.

A félév során legjobban fejlesztett **kompetenciáim**: python nyelv, problémakeresés, modellalkotás, biológiai fizikai szemléletmód.

A félév során részt vettem a Modern Scientific Computing c. **konferencián** a KFKI GPU laboratóriumának szervezésében.

Irodalomjegyzék

- Couzin, I. D., Krause, J., Franks, N. R., & Levin, S. A. (2005). Effective leadership and decision-making in animal groups on the move. *Nature*.
- Zafeiris, A., & Vicsek, T. (2013). Group performance is maximized by hierarchical competence distribution. *Nature Communications*, 4, 2484. Retrieved from <http://www.nature.com/doi/10.1038/ncomms3484>
- Virágh, C., Vásárhelyi, G., Tarcai, N., Szörényi, T., Somorjai, G., Nepusz, T., & Vicsek, T. (2014). Flocking algorithm for autonomous flying robots. Retrieved from <http://iopscience.iop.org/1748-3190/9/2/025012>
- Ozogány, K., & Vicsek, T. (2014). Modeling the Emergence of Modular Leadership Hierarchy During the Collective Motion of Herds Made of Harems. *Journal of Statistical Physics*, 158(3), 628–646. <http://doi.org/10.1007/s10955-014-1131-7>
- Packer, C., & Ruttan, L. (1988). The Evolution of Cooperative Hunting. *Am. Nat.*, 132(132), 159–198. <http://doi.org/10.1086/284844>
- Quera, V., Beltran, F. S., & Gimeno, E. (2016). Modelling the emergence of coordinated collective motion by minimizing dissatisfaction. *Mathematical Biosciences*, 271, 154–67. <http://doi.org/10.1016/j.mbs.2015.11.007>
- Smith, J. E., Swanson, E. M., Reed, D., & Holekamp, K. E. (2012). Evolution of Cooperation among Mammalian Carnivores and Its Relevance to Hominin Evolution. *Current Anthropology Human Biology and the Origins of Homo*, 53(6), 436–452. <http://doi.org/10.1086/667653>
- Szabó, G., Bodó, K. S., & Samani, K. A. (2016). Separation of cyclic and starlike hierarchical dominance in evolutionary matrix games.
- Szabó, G., & Király, B. (2016). Extension of a spatial evolutionary coordination game with neutral options. *PHYSICAL REVIEW E*, 93. <http://doi.org/10.1103/PhysRevE.93.052108>
- Szamado, S. (2010). Pre-Hunt Communication Provides Context for the Evolution of Early Human Language. *Biological Theory*, 5(4), 366–382.
- Mithen, S. (2009). The music instinct: The evolutionary basis of musicality. In *Annals of the New York Academy of Sciences*. <http://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.04590.x>
- Mones, E., Vicsek, L., & Vicsek, T. (2012). Hierarchy measure for complex networks. *PLoS ONE*, 7(3), 1–10. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0033799>
- Nagy, M., Kos, Z., Biro, D., & Vicsek, T. (n.d.). Hierarchical group dynamics in pigeon flocks.
- Nagy, M., Vásárhelyi, G., Pettit, B., Roberts-Mariani, I., Vicsek, T., & Biro, D. (n.d.). Context-dependent hierarchies in pigeons. <http://doi.org/10.1073/pnas.1305552110>

- Nepusz, T., & Vicsek, T. (2013). Hierarchical self-organization of non-cooperating individuals. *PLoS ONE*, *8*(12). <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0081449>
- Kok, V. J., Lim, M. K., & Chan, C. S. (2016). Crowd behavior analysis: A review where physics meets biology. *Neurocomputing*, *177*, 342–362. <http://doi.org/10.1016/j.neucom.2015.11.021>
- Eaton, R. (1970). Hunting Behavior of the cheetah. *The Journal of Wildlife Management*, *34*(1), 56–67. <http://doi.org/10.2307/3799492>
- Handegard, N. O., Boswell, K. M., Ioannou, C. C., Leblanc, S. P., Tjostheim, D. B., & Couzin, I. D. (2012). The dynamics of coordinated group hunting and collective information transfer among schooling prey. *Current Biology*, *22*(13), 1213–1217.
- Hartnett, A. T., Schertzer, E., Levin, S. A., & Couzin, I. D. (2016). Heterogeneous Preference and Local Nonlinearity in Consensus Decision Making. *Physical Review Letters*, *116*(3), 1–5. <http://doi.org/10.1103/PhysRevLett.116.038701>
- Bramble, D. M., & Lieberman, D. E. (2004). Endurance running and the evolution of Homo. *Nature*, *432*(7015), 345–352.