

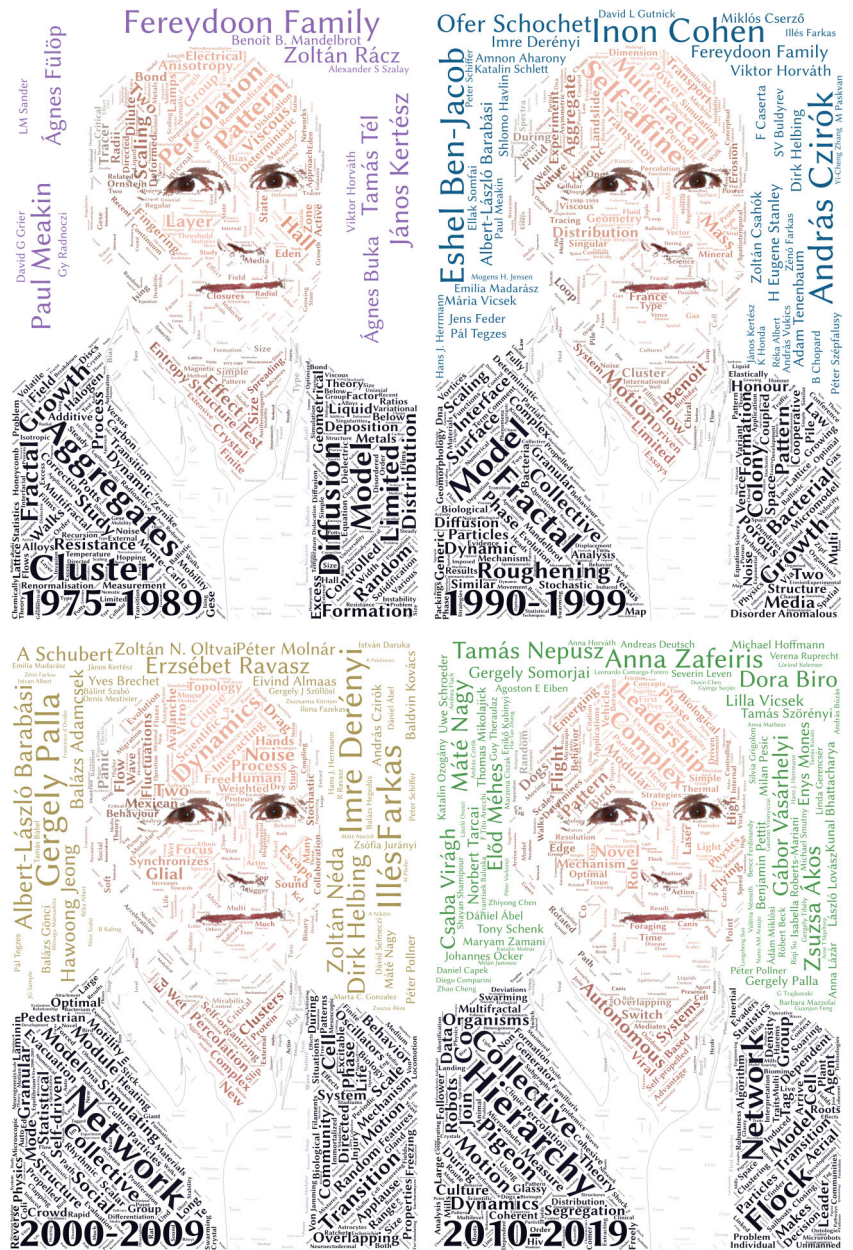
LARS ONSAGER-DÍJ – 2020

Vicsek Tamásnak, John Tonernek és Yubai Tunak ítelték oda a 2020. évi Lars Onsager-díjat [1]. Az American Physical Society (APS) által 1995 óta évente kiosztott rangos elismeréssel elsősorban a statisztikus fizika kiemelkedő jelentőségű képviselőit díjazták. Vicsek Tamás az első hazai díjazott.

Az Onsager-díj odaítélését az APS – a Magyar Tudományos Akadémia honlapján megjelent közlemény szerint [2] – a következőkkel indokolja: „azokért az alapvető kutatási eredményekért, amelyek a csoportos mozgás elméletének kidolgozásával megalapozták az aktív anyagokra vonatkozó tudományterület létrejöttét és fejlődését, és ezáltal rávilágítottak a statisztikus fizika centrális szerepére az élő rendszerekben lejátszódó önszerveződő folyamatok megértésében”.

Vicsek Tamás eddigi életműve rendkívül érdekes és kiemelkedően szerteágazó, a fraktáloktól [3] kezdve a hálózatkutatáson [4] át a csoportos mozgás [5] vagy a hierarchia [6] elméletének kutatásáig (1. ábra). A Google Scholar szerinti ötvenezer feletti hivatkozásának oka a valódi úttörő gondolkodás, amivel minden életszakaszában új tudományterületek létrehozását serkentette, folyamatos újdonságkereséssel és az ehhez szükséges végtelen kitartással és türelemmel. Aki ismeri, tudja, hogy Tamás igazi pionír gondolkodó, sohasem áll meg, öt-tíz évente merőben új irányokba vág bele és a nyomdokaiban kialakuló közösségekre hagyja a születő új tudományterületek részleteinek kidolgozását.

A csoportos mozgás statisztikus fizikai kutatását Vicsek Tamás és társszerzői leghivatkozottabb, ötezer feletti citációval rendelkező 1995-ös cikke indította útjára [7] (2. ábra), amit Tamás saját elmondása szerint többek között az akváriumában úszkáló halai inspiráltak. Statisztikus fizikusként a halak (és mint azóta kiderült: többek között a sejtek, baktériumok, rovarok, madarak, különböző emlősállatok és az emberek is) felfoghatók olyan különleges „részecskéknek”, amelyek két rendkívüli



1. ábra. Vicsek Tamás változatos munkásságának bemutatása „évtizedes” bontásban a cikkek címeiben megjelenő szavak és a társszerzők segítségével. Angol nyelvű és legalább 1 hivatkozással rendelkező 287 cikk összegzése látható 4 periódusra bontva (1975–1989, 1990–1999, 2000–2009 és 2010–2019). Félkövér betűvel ábrázoltuk Vicsek Tamás szerzőségével írt cikkei címeiben megjelenő szavakat, amelyek mérete az előfordulásukkal arányos. Normál betűvel (Tamás mellett) a társszerzői láthatók, a nevek mérete az adott szerzőtárs Tamással közös cikkeinek összegzett hatását mutatja a következő módon. Egy cikk járulékanak számolásánál a szerzők számával leosztva súlyoztuk a cikkekre kapott hivatkozások átlagos éves számát. A szerzőtársak nevének méretéhez ezt összegeztük, és súlyoztuk továbbá egy logaritmikus skálán a cikkekre kapott átlagos éves, társszerzőre vonatkoztatott hivatkozásszámmal (adatok: Pollner Péter és Nagy Máté, fotó: Báthory Péter – wikipedia).

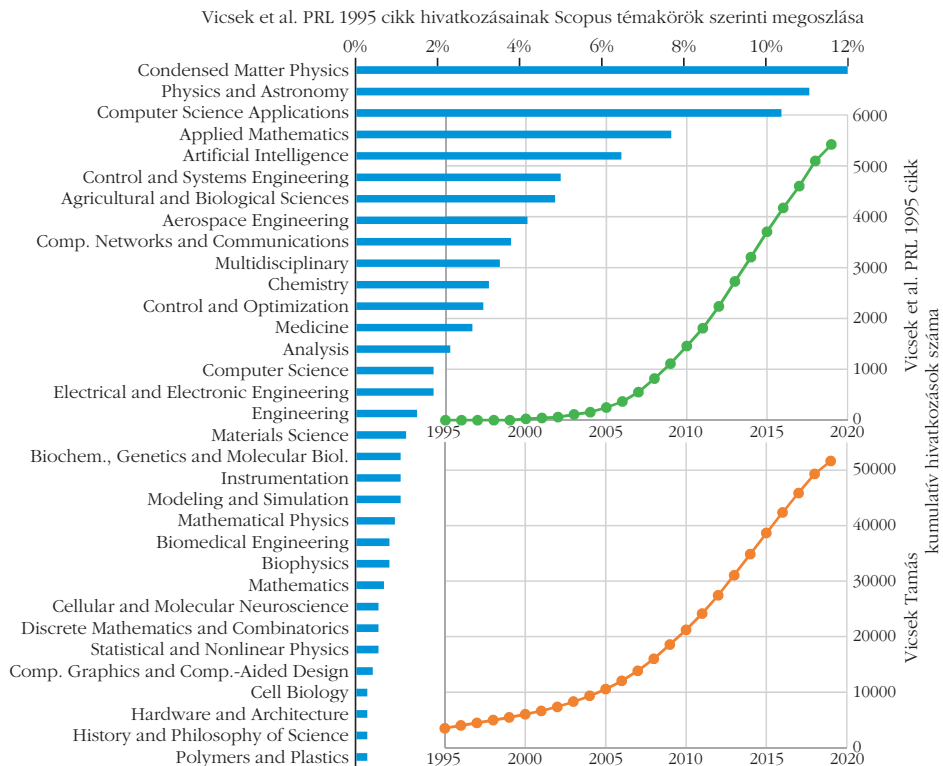
tulajdonsággal bírnak az egyensúlyi rendszerekből jól ismert Brown-mozgást létrehozó „passzív” részecskékhez képest: egyrészt önhajtók, azaz „aktív” részecskék, másrészt fizikai kontaktus nélkül is képesek egymáshoz igazodni.

A statisztikus fizikai analógiákat ezekre az aktív, azaz nemegyensúlyi rendszerekre kiterjeszteni a kilencvenes években merőben új gondolatnak számított, és ezen új gondolat első képviselője volt Vicsek Tamás, aki ezekben az önhajtott rendszerekben az akkor új trendnek számító, ház méretű szuperszámítógépek segítségével, szimulációkkal vizsgálta a klasszikus statisztikus fizikából ismert fázisátalakulások analógiáit. Toner és Tu pedig – Tamás eredményeire alapozva – egy folytonos hidrodinamikai modellel először írta le az élőlények csoportos mozgását és a rendszer skálázhatóságát [8].

Érdekes, hogy Tamástól függetlenül, egészen más nézőpontból jutott az élőlények mozgásának leírásához Reynolds [9]. Ő olyan modellt dolgozott ki, amely valóságosan mozgó, szimulált rajokat és csordákat hozott létre a számítógépes grafikában használt vizuális effektekhez. Harmadik, szintén független szálon Aoki alkotott halak mozgásának reprodukálására számítógépes modellt [10]. Tamás azt is felismerte, hogy élőlények csoportos rendszerében a zaj nem valamiféle szükséges rossz, hanem a rendezett-rendezetlen állapotok közötti átmenethez nélkülözhetetlen faktor. Az igazán érdekes – és sokszor a természetben releváns – folyamatok pont a rendezett-rendezetlen átmenet határának közelében valósulnak meg, mivel zaj nélkül a raj túlságosan „befagyott” lenne, nem tudna adaptívan reagálni.

A csoportos mozgás, a csoportos viselkedés, az aktív anyagok és a nemegyensúlyi statisztikus fizika mára óriási, szerteágazó tudományágak halmazává fejlődött, ahol egy dolog nem változott: azóta is aktív téma a végtelenül egyszerű, mégis lenyűgözően gazdag dinamikát nyújtó „Vicsek-modell” valamilyen továbbfejlesztett módozatának alapos vizsgálata.

Tamás csoportos mozgással kapcsolatos munkásságát az ELTE Biológiai Fizika Tanszék alapító tanszékvezetőjeként, később az MTA–ELTE Statisztikus és Biológiai Fizika Kutatócsoport vezetőjeként bontakoztatta ki. A statisztikus fizika alapelveinek komplex biológiai rendszerekre történő alkalmazása igazi multidiszciplináris kihívást jelentett, ami azonban sokrétű sikert hozott. Igazi iskolateremtői munkássága révén tanítványai közül sokan mára egy-egy önállóvá vált



2. ábra. Az Onsager-díj odaítélését is motiváló 1995-ös *Physical Review Letters* cikk hivatkozásai az azok téma szerinti megoszlása. A hivatkozó cikkek Scopus témaköreinek relatív gyakorisága az MTMT adatai alapján. Szerteágazó tudományterületeket inspirált a cikk, a statisztikus fizikán kívül, a számítástechnika, a mérnöki tudományok vagy akár a biológia területén. A megjelenített lista nem teljes, csak az 1% (átlagosan 5 hivatkozás) feletti témaköröket tüntettük fel. Belül: a cikk és Vicsek Tamás kumulatív hivatkozásainak idő szerinti eloszlása. A cikk úttörő jellegét mutatja az is, hogy a hivatkozások számának jelentős növekedése a 2000-es évek közepétől indult meg.

tudományterület kiemelkedő alakjai. Tamás leghivatkozottabb cikkeinek diákként nála kezdett társszerzői közé tartozik Barabási Albert László bostoni hálózatkutató, Derényi Imre, a Biológiai Fizika Tanszék jelenlegi tanszékvezetője, Palla Gergő hálózatkutató, a Biológiai Fizika Tanszék tudományos főmunkatársa, valamint Czirók András kansasi sejtbiológus, aki az Onsager-díj odaítélését motiváló 1995-ös cikkhez is jelentős mértékben – többek között a szimulációk programozásával – járult hozzá.

A különböző csoportdinamikával kapcsolatos alapvetési eredmények ezen túlmenően az élet számtalan területén váltak gyors ütemben hasznos segéd-eszközzé és innovatív alkalmazássá. Példaként, a pánik-menekülés szimulációs vizsgálatával olyan tudásra tett szert az emberiség Tamás által, amivel azóta – a tudatos épülettervezéssel – emberi életek felesleges kioltását lehetett megelőzni [11]. A biológiai rendszerek statisztikus fizikai vizsgálatával az etológusok olyan adatfeldolgozási eszköztárhoz jutottak, amely számos komplex élő rendszer működésének megértéséhez nyitott ki addig zárt kapukat. Mára tudjuk, hogy a vezető és követők olyan dinamikusan változó, mégis robusztus rendszere szerint repül együtt egy galambcsapat, amit akár egy jól menő nagyvállalat vezetése is megirigyelhetne [12]. Érdekes megemlíteni továbbá a sejt szintű csoportos mozgások kutatását, ami mind az embrionális fejlődés

dés, mind a normális (például sebgyógyulás [13]) és a kóros folyamatok (például rákos sejtek viselkedése) megértéséhez alapvető fontosságú [14]. A csoportos mozgás alapelveinek mesterséges egyedekbe ültetésével pedig a világ első sokegyedes önszerveződő drónrajai is Tamás keze közül kerültek ki [15].

A kezdetben szigorúan alapkutatási eredmények tényleges piaci hasznosításában is kiemelkedő példa Tamás munkássága, aki az ELTE-n számos startup-céget is alapított, amelyek közül több azóta is gyors ütemű sikeres növekedési szakaszban van, például a hálózat kutatás (Maven7) vagy a drónrajok (CollMot) világában.

A díjhoz ezúton is gratulálunk és kívánunk további hosszú, eredményes és örömteli kutatómunkát!

Vásárhelyi Gábor, Nagy Máté, Zafeiris Anna

Irodalom

1. <https://www.aps.org/programs/honors/prizes/onsager.cfm>
2. https://mta.hu/mta_hirei/vicsek-tamas-az-mta-rendes-tagja-elnyerte-az-onsager-dijat-109990
3. Vicsek, T.: *Fractal growth phenomena*. World Scientific, 1992.
4. Palla, G., Derényi, I., Farkas, I., Vicsek, T.: Uncovering the overlapping community structure of complex networks in nature and society. *Nature* 435/7043 (2005) 814.
5. Vicsek, T., Zafeiris, A.: Collective motion. *Physics Reports* 517/3–4 (2012) 71–140.
6. Zafeiris, A., Vicsek, T.: *Why We Live in Hierarchies?: A Quantitative Treatise*. Springer, 2017.
7. Vicsek, T., Czirók, A., Ben-Jacob, E., Cohen, I., Shochet, O.: Novel type of phase transition in a system of self-driven particles. *Physical Review Letters* 75/6 (1995) 1226.
8. Toner, J., Tu, Y.: Long-range order in a two-dimensional dynamical XY model: how birds fly together. *Physical Review Letters* 75/23 (1995) 4326.
9. Reynolds, C. W.: Flocks, herds, and schools: A distributed behavioral model. *Computer Graphics* (1987) 25–34.
10. Aoki, I.: A simulation study on the schooling mechanism in fish. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* 8 (1982) 1081–1088.
11. Helbing, D., Farkas, I., Vicsek, T.: Simulating dynamical features of escape panic. *Nature* 407/6803 (2000) 487.
12. Nagy, M., Akos, Z., Biro, D., Vicsek, T.: Hierarchical group dynamics in pigeon flocks. *Nature* 464/7290 (2010) 890.
13. Szabo, B., Szöllösi, G. J., Gönci, B., Jurányi, Z., Selmeczi, D., Vicsek, T.: Phase transition in the collective migration of tissue cells: experiment and model. *Physical Review E* 74/6 (2006) 061908.
14. Méhes, E., Vicsek, T.: Collective motion of cells: from experiments to models. *Integrative Biology* 6/9 (2014) 831–854.
15. Vásárhelyi, G., Virágh, C., Somorjai, G., Tarcai, N., Szörényi, T., Nepusz, T., Vicsek, T.: Outdoor flocking and formation flight with autonomous aerial robots. In *2014 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*. IEEE (2014) 3866–3873.