

Bírálat Karsai Márton: „AZ EMBERI VISELKEDÉS DINAMIKÁJÁNAK SZÁMÍTÓGÉPES VIZSGÁLATA” című MTA doktori munkájához

Az emberi viselkedések komplex rendszer tudományon alapuló kutatása az utóbbi évtizedek egyik nagy vívmánya. Ez egyrészt a statikus fizikai megközelítésen, valamint a hálózat és adattudomány adta modellezéseken és digitálisan elérhető nagy adathalmazok kiaknázásán alapul. A természetben megfigyelhető rendszerek általában nincsenek egyensúlyban, így leírásukra a statisztikus fizika legmodernebb eredményeit használják. Ezen terület tudományos kutatása évtizedek óta folyamatban van és még napjainkban is nagy kihívást jelent. Az analitikus vagy kísérleti megközelítések helyett gyakran a numerikus modellezés a kutatók számára az egyetlen elérhető módszer. Miután az erősen kölcsönható, sok-test jelenségek széles köre még skálainvarianciát is mutat, az univerzalitási osztályok feltárása után igen távoli tudomány területek is kapcsolatba hozhatóak egymással. Karsai Márton MTA doktori címre benyújtott dolgozata ilyen szempontból is kiemelkedően aktuális és tudományos szempontból fontos, hiszen alkalmazható a betegség és információ terjedésre vagy az agykutatásra is.

A doktori mű témáját képező disszertáció és összefoglaló igen gondos kiállítású, esztétikus, színes ábrákkal ellátott olvasmány. Az eredmények tárgyalása logikusan felépített, sokoldalú és kiterjedt munkára enged következtetni. Öt fejezetből áll, mindösszesen 134 oldalas, angol nyelven írott dolgozat. Az első 14 oldal egy bevezetést nyújt az alkalmazott módszerekhez, a hálózati alapfogalmakhoz és az adathalmazokhoz. A második 20 oldal villanásos jelenségek leírásával és modellezésével foglalkozik. A következő fejezet bevezetést nyújt az időfüggő hálózatokhoz, karakterizálja és kapcsolatba hozza az irányított perkolációval, valamint az aktivitás vezérelt, egocentrikus modellekkel. A negyedik 37 oldalas fejezet terjedési modelleket és azok alkalmazásait mutatja be. Végül a dolgozat egy 4 oldalas diszkusszióval és egy 13 oldalas bibliográfiával zárul.

Az új eredmények 8 tézispontban lettek összefoglalva, a tézispontokhoz kapcsolódó tudományos közlemények száma 8, magas impakt paraméterű folyóiratokban megjelentetve. Ezek között négy Scientific Reports, egy J.R.Soc Interface, egy Plos One és egy Physical Review Letter publikáció is található. Ezekre a munkákra összesen 982 független hivatkozást mutat az MTMT. Cikkenként 13 és 425 közötti hivatkozást kaptak a szerzők eddig. A kiemelkedő scientometriai adatok magukért beszélnek.

Társszerzőivel együtt a legtöbb, összesen 425 hivatkozást, eddig a Phys. Rev ben publikált „Small But Slow World: How Network Topology and Burstiness Slow Down Spreading” című, villanásos vizsgálatokra kapta. Ebben a munkában, ami a 3. tézisponthoz kapcsolódik, arra keresték a választ, hogy valós temporális hálózatokon miért terjednek nagyságrendekkel lassabban a szimulált információs folyamatok, mint ahogy azt a hálózatok kisvilág-struktúrája sugallja. A modellek vizsgálatához nagyméretű mobiltelefon kommunikációs hálózatot használtak egy újfajta referencia modellezési paradigmával, ami időtől függő hálózati kölcsönhatásokat kever össze úgy, hogy különböző, a hálózati dinamikát és struktúrát jellemző peremfeltételeket rögzítve tartja. A szimulált determinisztikus un. Susceptible-Infected (SI) ("kitett-fertőzött") folyamatokból arra következtettek a szerzők, hogy az információ terjedési folyamat sebességét leginkább a hálózatra jellemző statikus klaszterstruktúra, valamint a kölcsönhatások időben heterogén (bursty) eloszlása lassítja. A szimulációk rámutattak arra is, hogy szomszédos hálózati kölcsönhatások kauzális kapcsolódásai gyorsítólag hatnak a folyamatra és, hogy ennek sebességét az emberi viselkedést globálisan vezérlő napi ritmusok kevésbé befolyásolják. A villanásos hatást analitikailag is megvizsgálták, és hatványfüggvény alakú események

közötti időeloszlást feltételezve megmutatták, hogy ha az eloszlás eléggé heterogén, akkor a hálózaton terjedő folyamat lassúbb, mint amikor a kölcsönhatások dinamikáját egy Poisson folyamattal modellezték.

A doktori mű és a tézisek gyűjteménye alapján bátran kijelenthető, hogy a jelölt magas szinten birtokolja és alkalmazza a statisztikus fizika és a hálózattudomány legmodernebb kellékeit modellezésére, valamint az adattudomány eszközeit big data analízisre.. A bemutatott mű azt mutatja, hogy Karsai Márton ideálisan sokoldalú: magas színvonalú elméleti, numerikus vizsgálatokat empirikus adat analízissel jól ötvözi.

A dolgozathoz az alábbi kérdéseket nyújtom be:

1. Nem tudtam meghatározni, hogy a tézisekben megfogalmazott eredményeket milyen részesedésben végezte a jelölt. Például az előbb említett T3 esetén egy 7 szerzős cikk áll a háttérben, a tézispont pedig egyesszám első személyben íródott. Kérem részletezze cikkről cikkre a hozzájárulása mértékét.

2. A hivatkozásokat kissé elnagyoltnak érzem, amikor a szerző nem pontosan az eredeti publikációt referálja, hanem pl. egy összefoglalót. Ilyenek az irányított perkoláció, vagy a Griffiths fázis esete is.

3. Nem értek egyet a 37 oldalon olvasható kijelentéssel :

„Neural networks in the brain are good example for this case, where imaging technologies have not reached yet the temporal (neither spatial) resolution necessary to observe the precise electric signals running between neurons. Also note that the so called mean-field approximation becomes valid in this extreme.” Legjobb tudomásom szerint az átlagtér közelítés érvényessége agyi neurális hálóknál egy erősen vitatott téma, rengeteg elméleti és kísérleti eredmény mond ellent a homogén közelítésnek. Egy viszonylag friss irodalmi áttekintéséhez javaslom a: „Criticality and dynamical scaling in living systems, MA Muñoz, Reviews of Modern Physics 90, 031001”, vagy egy új kísérleti idegtudományos cikk: ”Nature Comm. 14, (2023) 4736” tanulmányozását. A jelölt a saját kiemelkedő, 3. tézispontos munkájával is értelmezheti, hogy a neurális moduláris struktúra hogyan lassíthatja le az információ terjedést az agyban, ami az átlagtértől való eltéréshez vezet.

4. A bevezetőben a kritikus SOC, és az ebből levezethető villanásos dinamikák tárgyalása kimaradt a dolgozathoz. Egyetlen hivatkozást találtam: a [211]-est, de az is inkább egy a szívügyekkel kapcsolatos cikk, holott ez egy igen kiterjedt kutatási terület az agykutatásban.

3. Az **5-ös tézisponttal** kapcsolatos, irányított perkolációnál a Hinrichsen -féle összefoglalóra van hivatkozás és egy állítás az 56.-dik oldalon, hogy a felső kritikus dimenzió=5, ellentétben a fenti, [168]-os műben is említett 4 el. Kérem magyarázza meg az eltérést !

4. Ehhez kapcsolódóan, az 56. és 57. oldalon az alkalmazott modell numerikus megoldásával Erdős Rényi véletlen gráfon $\beta=0.75$ és $\gamma=1.25$ exponenseket kapnak és az elméleti átlagtér $\beta=\gamma=1$ el hasonlítva elhanyagolhatóknak nevezik az eltérést, minden különösebb további diszkusszió nélkül. A tézisekben pedig ezt olvasom az adott dologgal kapcsolatban: „Számításaim alapján ezen paraméterek a kritikus perkolációs pont körül olyan exponensekkel skálázódnak melyek értéke pontosan megegyezik az irányított perkolációnak a kritikus dimenzió felett talált átlagtér exponenseivel...”. Kérem pontosítsa, hogy a kimutatott 25% eltérést miért hanyagolja el ! Lehetséges, hogy a modellbeli rendezetlenség mégsem írható le az Erdős Rényi hálózattal, ami elvileg egy végtelen dimenziós, modulmentes gráf ? Vagy mi lehet az oka ennek a kb. 25 % eltérésnek ?

5. A 80-adik oldalon az un. SIS modellekkel kapcsolatban ez olvasható: „This idea lead to the seminal result that degree heterogeneities decrease the critical point of epidemics leading to a vanishing infection threshold in scale-free networks with degree exponent $\gamma \leq 3$ ”. Erre kijelentésre nincs hivatkozás, viszont ez ellentétben áll azzal a tudomásom szerint egzakt matematikai cikk: *Ann. Probab.* 37, 2332 (2009), eredményével miszerint az nullás fertőzési küszöb minden gamma-ra igaz. Kérem diszkutálja ezt!

6. A threshold modellek jól ismertek a statisztikus fizikában, és tárgyalatokhoz hasonló reakció-diffúziós modellekben magas dimenziókban szakadásos, elsőrendű fázisátakulások jelennek meg nagyobb küszöb értékeknél. A dolgozatban tárgyalt esetekben mégis perkolációs, folytonos átmenetetről olvashatunk. Kérem diszkutálja ezt is !

A fenti vitatott pontoktól függetlenül is kiemelkedően nagyra értékelem Karsai Márton tudományos munkásságát és javaslom nyilvános vita kitűzését, valamint az MTA doktori cím odaítélését.

Budapest 2023. szeptember 11

Dr. Ódor Géza
az MTA doktora