

ABSZTRAKTOK

PLENÁRIS ELŐADÁSOK

Gépi tanulás és adatvezérelt megközelítések alkalmazásai

BENCZÚR ANDRÁS

HUN-REN SZTAKI, Mesterséges Intelligencia Kutatólaboratórium

Az adatvezérelt és hibrid modellek egyre fontosabb szerepet töltenek be a mérnöki alkalmazásokban. Ezek a modellek lehetővé teszik, hogy az adatokból olyan új információkat nyerjünk ki, amelyek segítik vagy kiegészítik a meglévő mérnöki ismereteket, figyelembe véve minden rendelkezésre álló információt, ideértve a fizika alaptörvényeit, a mért adatokat, valamint a bizonytalanságokat is. Előadásomban példákat mutatok a gyártás, a szerkezet-modellezés, a távközlés és az energetika területeiről. A modellezési technikák esetében elsősorban a magyarázhatóságra, interpretációra fókuszálok és néhány újabb eredményt mutatok a Shapley értékekkel történő modell magyarázó technikákkal kapcsolatban.

Nonlinear reduced-order modeling from data

HALLER GYÖRGY

ETH Zürich

I discuss a recent dynamical-systems-based alternative to machine learning in the data-driven reduced-order modeling of nonlinear phenomena. Specifically, spectral submanifolds (SSMs) represent very low-dimensional attractors in a large family of physical problems ranging from wing oscillations to transitions in pipe flows. A data-driven identification of the reduced dynamics on these SSMs gives a rigorous way to construct accurate and predictive reduced-order models for solids, fluids, and controls without the use of governing equations. I illustrate this on problems that include accelerated finite-element simulations of large structures, prediction of transitions in pipe flows, reduced-order modeling of fluid sloshing in a tank, and model-predictive control of soft robots.

Élet a pixelek mögött: daganat- és víruskutatás mesterséges intelligenciával

HORVÁTH PÉTER

¹Szegedi Biológiai Kutatóközpont, Biokémiai Intézet,
Szintetikus és Rendszerbiológiai Egység

²Institute for Molecular Medicine Finland, HiLIFE, University of Helsinki, Finland

³Helmholtz Munich, AI4Health Institute, Germany

Előadásomban áttekintést adok a nagyléptékű fénymikroszkópos kísérletek egysejt szintű feldolgozásának számítástechnikai lépéseiről. Először egy új mikroszkópos képkorrekciós eljárást mutatok be, mely kijavítja a nem egyenletes megvilágításból származó képi hibákat, így támogatva a fényintenzitás alapú mérések helyességét. Ezután új, differenciál geometriára, energia minimalizációs módszerekre és mesterséges intelligenciára alapuló egysejt szegmentálási módszereket ismertetek. Bemutatom az Advanced Cell Classifier (ACC) gépi tanulási szoftvert, melyet azért fejlesztettünk, hogy a képi jellemzőkből származó információ felhasználásával sejtes fenotípusokat azonosítsunk. Az ACC egy olyan interaktív felületet biztosít, mely segítségével a felhasználók hatékonyan képesek intelligens algoritmusokat sejtek automatikus fenotipizálására tanítani. Azon esetekre, ahol nem lehetséges diszkrét fenotípus kategóriák létrehozása, bemutattunk egy multi-parametrikus regresszióon alapuló, eljárást, mely képes biológiai folyamatok elemzésére. A tanulási gyorsaság és a pontosság növelése érdekében egy olyan aktív tanulási sémát dolgoztunk ki, amely kiválasztja a legtöbb információval rendelkező sejtmintákat.

A fejlesztett módszerek kombinációit felhasználva különböző egysejt kinyerési stratégiákat mutattunk be. Ismertetem a frissen elért sikeres eredményeinket egysejt DNS és RNS szekvenálás, proteomikai, lipidomikai és célzott elektrofiziológiai elemzések területén.

Új európai kezdeményezések az ipari matematikában

HORVÁTH ZOLTÁN

Széchenyi István Egyetem

A matematikai technológiák – például adat és fizikai alapú modellezés, szimuláció, optimalizáció – kulcsszerepet játszanak interdiszciplináris alkalmazások, ipari folyamatok, innovációk egész sokaságában. Európai hatáskörrel több szervezet is segíti a matematikai technológiák elterjesztését, hasznosítását, és ezáltal a matematikus kutatócsoportok minőségi, matematikát igénylő projektekhez juttatását. Az előadásban két matematikai szervezet, az EMS CAIR és az EU-MATHS-IN idevágó tevékenységeit mutatjuk be, azzal a céllal,

hogy a magyar matematikai közösség megismerje és megértse a szervezetek folyamatait, az általuk nyújtott és potenciálisan nyújtható lehetőségeit és kapcsolódási pontjait, nyitott pozícióit.

Önmagukban is hasznos információként és a fentiek megértését megalapozandó, bemutatjuk

- az EU fő kutatási és innovációs keretprogramjait, működési mechanizmusait, legfontosabb szereplőit,
- elemezzük a sikeres pályázás módjait,
- egy konkrét nemzetközi projekt, a HiDALGO2 Centre of Excellence-ben lévő matematikusi részvétel példáját a fent elemzett pályázási módszertan sikerességére,
- egy konkrét stratégiai projektet, amellyel az EU-MATHS-IN a Destination Earth keretprogram kialakításához járul hozzá tevékenyen.

Miért érdemes járványt modellezni?

OROSZI BEATRIX

¹Epidemiológiai és Surveillance Központ, Semmelweis Egyetem

²Egészségbiztonság Nemzeti Laboratórium

Az emberiség történetében mindig voltak és lesznek fertőző betegségek, amelyek járványokat idéznek elő, gyakran sok halálesetet okozva. A népesség életben maradt hányadánál immunitás alakul ki, erre a járvány visszaszorul, esetleg évekkel később mégis visszatér, amikor a fogékonyak száma újra megszorodik. Az epidemiológusok célja először a betegség okainak megértése, majd a betegség lefolyásának előrejelzése, végül pedig a betegség elleni védekezés módjainak kidolgozása, beleértve a különböző lehetséges stratégiák összehasonlítását. A felmerülő kérdéseket adatokkal alátámasztva, tények segítségével kell(ene) megválaszolni. Járványok során a beavatkozás időablaka szűk, gyorsan kell cselekedni. A valóságban ilyenkor soha nem áll rendelkezésre elegendő adat a pontos helyzetértékeléshez és tervezéshez. A járványmodellek segíthetnek kombinálni a szűkösön rendelkezésre álló adatot, a fertőző betegségről ismert elméleti tudást és számos előfeltételezést, amiről azt gondoljuk, hogy helyes. Ily módon kvantitatív eredményekhez juthatunk.

A járványmodellezésnek a COVID-19 világjárvány elleni küzdelem során sokkal jelentősebb szerep jutott, mint a megelőző években. Például egész társadalmakra rendelték el lezárásokat a modellezők előrejelzései alapján. Az előadás bemutat néhány kulcsfontosságú járványmodellezési eredményt, amelyek jelentősen hozzájárultak az emberek egészségének védelméhez és a pandémia okozta károk enyhítéséhez. Bemutat néhány olyan modellezési vizsgálatot is, amelynek népegészségügyi hozzáadott értéke nem volt. Példákkal szemlélteti, hogy miért fontos figyelembe venni a kontextust, a társadalmi, gazdasági, kulturális

különbségeket és a népesség viselkedésének a sokféleségét, ami rámutat arra, hogy a járványmodellezés nem csak a matematika vagy az informatika területe, hanem alapvetően multidiszciplináris. A modellezés nem olyasmi, amit kizárólag egy íróasztal mögött ülve, egyedül érdemes végezni.

Az előadás konklúziója, hogy a járványmodellezés egy kivételes eszköz lehet a meg-alapozott és eredményes járványügyi felügyelet számára. Népegészségügyi szempontból a modellezésnek akkor van értelme és jelentősége, ha annak a populációnak az egészségét és biztonságát szolgálja, amelyre vonatkozik az eredménye. Összességében járványt akkor érdemes modellezni, ha a valóságot a lehető legjobban tükröző, releváns és hasznos eredményekhez jut általa a népegészségügyi döntéshozatal, a járványügyi terepmunkás és a lakosság, amely által a népesség egészségi állapota és egészségbiztonsága érdemben javítható.

Nyelvi képességek a MI esetében és a mi esetünkben

PRÓSZÉKY GÁBOR

HUN-REN Nyelvtudományi Kutatóközpont

Ma, amikor mindenki „mesterséges intelligenciáról” beszél, érdemes pontosítani az egyre-másra megjelenő és intelligensnek tartott hatalmas nyelvmodellek (LLM) célját és használhatóságát. A mindössze néhány éve létező ún. transzformer architektúrák két nagy családja, az enkóderek és a generatív MI-nek is nevezett dekóderek valójában más-más elképzelések mentén jöttek létre. Az utóbbi időben, különösen a ChatGPT 2022 végi megjelenése óta teljesen elfogadottá vált, hogy a működést ezeknek a rendszereknek pusztán egy-egy kérdésre adott válasza alapján „ítéljük meg”, miközben a különböző modellek felépítése, célja, paraméterszáma, vagy tanítóanyagának mérete teljesen eltérő. Szerencsére a HUN-REN Nyelvtudományi Kutatóközpontban is létrejöttek alapvetően a magyar nyelvre kialakított LLM-ek: a PULI nyelvmodel család, melynek legújabb tagja a PULI Llumix Instruct. Ezek már lehetővé teszik a modellek kimeneteit a tanulóanyagaikban szereplő adatokkal összevetni. Így olyan következtetéseket vonhatunk le működésükkel kapcsolatban, amit a számunkra (jogilag és technikailag) zárt világhírű modellekkel nem tudunk megtenni.

Egyensúlyozás egykeréken

TAKÁCS DÉNES

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Gépészmérnöki Kar, Műszaki Mechanikai Tanszék

Az elmúlt években az elektromos mikromobilitási járművek (pl. elektromos roller, elektromos egykerekű, segway, hoverboard, elektromos gördeszka, egykerekű deszka) komoly népszerűségegre tettek szert. Használatuk modern megoldás az utolsó kilométeres logisztikai problémára. Egyszerű, kis tömeggel járó kialakításuk egyedülálló mozgékonytságot biztosít számukra, ám egyúttal komoly kihívás elé állítja a felhasználókat. Irányításuk a hagyományos járművekkel szemben sokkal jobban igénybe veszi a felhasználó képességeit, dinamikai ismereteit. Ennek köszönhetően elterjedésükkel a személyi sérülésekkel járó közúti balesetek száma is megnőtt. A jármű-ember rendszer dinamikájának feltérképezése és megértése nélkülözhetetlen a mikromobilitási járművek és a rájuk vonatkozó közlekedési szabályok biztonságosabbá tételében. Előadásunkban a gördülő kerekek alappéldáitól indulva jutunk el a gördeszka és az elektromos egykerekű stabilitási problémáihoz. Bemutatjuk, miként változik a dinamika a sebesség függvényében, miként válik kritikus tényezővé a járművezető reakcióideje. Valamint miként gyűjthetünk információt a járművezető szabályozási stratégiájáról, amit aztán felhasználhatunk autonóm járművek tervezéséhez.

A jövő repülőgépe

TAKARICS BÉLA

HUN-REN SZTAKI, Rendszer és Irányításelméleti Kutatólaboratórium

Az utasszállító repülőgépek következő generációi tervezésénél kulcsfontosságú tényező a repülőgép szerkezetének a súlycsökkentése, amely hatékonyabb üzemanyag-fogyasztáshoz és alacsonyabb környezetszennyezéshez vezet. A szerkezet súlycsökkentésével a flexibilis módusok lengésfrekvenciái csökkennek. Ez az aerodinamikai erőkön keresztül a merev test dinamika és az elasztikus deformáció között nemkívánatos csatolást okozhat és flutter nevű dinamikai instabilitáshoz vezethet. Kiemelten fontos feladat tehát a flutter aktív elnyomása, amely az elmúlt években nagy figyelmet kapott (EU: SZTAKI – FLEXOP, FLIPASED H2020, USA: PAAW NASA projekt). A flexibilis járművek szabályozótervezésének egyik fő irányvonala a lineáris paraméterváltozós (LPV) tervezés. A szabályozótervezés alapja az aeroszervoelasztikus (ASE) modell, amely megadja a jármű aerodinamikájának, strukturális dinamikájának, merev test dinamikájának és a beavatkozó szerveken keresztül a szabályozási algoritmus kölcsönhatását. Fontos, hogy a repülőgép-tervezés korai fázisában rendelkezésre álljon egy relatív egyszerű ASE modell, amely betekintést ad a repülőgép

dinamikájába, beleértve a flutter kritikus feltételeit. Egy ilyen modell alapján az alapvető flutter elnyomó szabályozó megtervezhető, illetve a repülőgép paramétereinek szükséges finomhangolása a gyártási fázis előtt megoldható. A jövő repülőgépei esetén további kiemelt kutatási irány a flexibilis légi járművek esetén a megnövelt számú kormányfelületek aktív alkalmazása az aeroelasztikus hatások csökkentésére. Az egyik fő kutatási irányvonal a repülőgép légellenállásának csökkentése aktív szárnyalak deformációval. Az előadás célja a fenti kutatások eredményeinek bemutatása a SZTAKI által vezetett FLIPASED projekt demonstrációs, pilóta nélküli repülőgépén keresztül.

SZEKCIÓ-ELŐADÁSOK

Egészség és matematika

Mesterséges intelligencia alapmodellek és banditák a többfeladatos gépi tanulásban: transzferhatások kihasználása a nagy léptékű gyógyszerkutatásban

ANTAL PÉTER

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Méréstechnika és Információs Rendszerek Tanszék

A látás területétől kezdve a természetes nyelv feldolgozásán át több területen is rendelkezésre állnak már átfogó alapmodellek, amelyek kibővítették a több-feladatos tanulás hatókörét tetszőleges tárgyterületbeli feladatra. A több-feladatos gépi tanulás kvantitatív kiértékelései azonban továbbra is jelzik negatív transzferhatások jelenlétét, azaz bizonyos feladatok tanulásának más feladatokra gyakorolt káros hatásainak a komplex mintázatát. Ez nem meglepő, mivel a több-feladatos transzferhatás háttérében (1) közös adatok, (2) közös látens reprezentációk és (3) közös optimalizáció is állhat; amelyek ráadásul kontextusfüggők, azaz függnek a mintamérettől, a feladat hasonlóságától, a rejtett reprezentációk elégségességétől és az optimalizálás lefutásától. A több-feladatos tanulás egy alternatív paradigmája azt javasolja, hogy minden egyes célfeladathoz válasszuk ki az adott kontextusban segítő segédfeladat-alcsoportokat; azonban egy jelölt segédfeladat halmaz kiértékelése számításigényes lehet és a jelöltek nagy száma miatt a többszörös hipotézisvizsgálat teljesítményvesztéshez vezet. Az előadásban félkarú rabló alapú megoldásokat mutatunk be a transzferhatások kihasználására, amelyek teljesítményét nagy léptékű hatóanyag-célpont predikciós feladatokban illusztráljuk.

Sejtpopulációk számítógéppel segített matematikai modellezésének újabb módszerei és alkalmazásai

BOLDOG PÉTER

¹HUN-REN WIGNER Fizikai Kutatóközpont, Komputációs Tudományok Osztálya

²Bolyai Intézet, Szegedi Tudományegyetem

Bevezetés: A sejtpopulációk modellezése kulcsfontosságú a biológiai rendszerek és betegségek, mint például a rák vagy fertőző betegségek jobb megértéséhez. Ebben az előadásban bemutatjuk a legújabb fejlesztéseinket a sejt kultúrák számítógéppel segített matematikai modellezésében, amelyek lehetővé teszik a sejtek viselkedésének pontosabb előrejelzését és megértését komplex biológiai környezetekben illetve az esetleges terápiák hatásának vizsgálatát.

Módszerek: Az előadásban megközelítéseket láthatunk arra, hogy hogyan általánosíthatjuk a jól kevert rendszerek vizsgálatára kifejlesztett egzakt sztochasztikus szimulációk módszereit térben strukturált folyamatokra, illetve időkésleltetést tartalmazó folyamatokra.

Eredmények: Az új modellezési technikáinkat kísérletes adatokra alkalmaztuk. Az eredmények demonstrálják, hogy modelljeink képesek reprodukálni a kísérleti adatokat, és új betekintést nyújtanak a sejtek közötti interakciók és a populáció dinamikájának komplexitásába.

Kulcsszavak: sejtpopuláció-modellezés, matematikai biológia, számítógépes szimuláció, egzakt sztochasztikus szimuláció.

Mérnöki lehetőségek a rákkutatásban

DREXLER DÁNIEL

Óbudai Egyetem

Az utóbbi két évszázadban a matematikai és mérnöki módszerek az orvostudomány ugrás-szerű fejlődését okozták. Először a bizonyítékokon alapuló orvoslás forradalmasította az orvostudományt, aminek hozományaként a statisztika mára az orvosi kutatások szerves részét képezi. A következő nagy ugrást a röntgen felfedezése okozta, amelyet később számos képalkotó berendezés és mára robotikai eszközök követtek. A harmadik nagy lehetőség az élettani rendszerek modellezése, és azok modell alapú irányítása. A mesterséges hasnyálmirigy koncepció mára már valósággá vált, amely a közönséges differenciálegyenletek elméletét és az irányításelmélet modern eredményeit ötvözi, és számos cukorbetegséggel küzdő ember életében hozott jelentős javulást. Az előadásban egy hasonló koncepciót tekintünk át az Óbudai Egyetem Élettani Szabályozások Kutatóközpont munkáján keresztül, amely matematikai és irányításelméleti módszerek alapján végzi el a kemoterápia optimalizálását.

Agyi jelek matematikai elemzése a kognitív funkciók megértése érdekében

HANGYA BALÁZS

HUN-REN Kísérleti Orvostudományi Kutatóintézet

Az idegsejtek aktivitása elektromos úton terjed, és a szinapszisokban az idegsejtek kommunikációja során a kémiai ingerületátvitel elektromos áramokat kelt a célsejtekben. Egyes idegsejtek aktivitása az akciós potenciáljaik időpontjával, digitális módon jellemezhető, míg idegsejt populációk aktivitását a szinaptikus és egyéb áramokból összeadódnak folytonos idősorok írják le. Ahhoz, hogy megértsük az idegsejtek közti funkcionális kapcsolatokat és az agyi információáramlást, ezen idősorok és pontfolyamatok matematikai elemzésére van szükség. A legnépszerűbb módszerek a konvolúció-alapú lineáris statisztikai megközelítéstől az információelméleti technikákon keresztül a modern gépi tanulási algoritmusokig terjednek. Előadásomban példákon keresztül bemutatom, hogyan jutunk el az agyi aktivitás mérésétől olyan kérdések megválaszolásáig, hogy hogyan ütemezi az agy az emlényok elraktározását és előhívását, vagy hogyan tanulunk meg pénzért dolgozni, holott „a pénz nem boldogít”, legalábbis nem ehető.

Syntrophy hypothesis with metabolic growth inhibition

GARAY JÓZSEF

Eötvös Loránd Tudományegyetem,
Növényrendszertani, Ökológiai és Elméleti Biológiai Tanszék

The symbiotic origin of mitochondria is considered a major evolutionary transition. We start out from the Syntrophy hypothesis. This hypothesis assumes that the evolution of mitochondria started out from two physically independent species and the ecological connection between them was syntrophy, i.e. one of them feeds on a metabolic product of the other. We developed a theoretical model based on Syntrophy hypothesis where the species growth rates are represented using novel Malthusian functions based on a branching process. Moreover, both species' growth rates were bounded by metabolite-dependent growth inhibition, i.e., at high concentrations the metabolic products are toxic to their producer. We found that an initial step in the evolution of mitochondria could be the invasion of a mutant host capable of forming an ectosymbiotic association into a monomorphic resident system stabilized by unidirectional syntrophy and metabolic inhibition. We observed that highly metabolically active ectosymbionts and a mutant host capable of shielding it from

toxic metabolite could initiate obligate ectosymbiosis even if the mutant host incurs additional costs compared to the resident host. Our model of obligate ectosymbiosis could be a precursor to the evolution of endosymbiosis.

Tumorsejtkultúrák matematikai modellezése

GERGICS BORBÁLA

Óbudai Egyetem

A rák korunk népbetegsége, azonban még ma sincs minden igényt kielégítő gyógymód a daganatok kezelésére. A kemoterápia már a XX. század első felétől kezdve alkalmazott kezelési mód, viszont az átlagra tervezett terápiás protokollok nem veszik figyelembe a páciensek paramétereit. A tumor működésének matematikai modellezésével olyan terápiák tervezhetők, amelyek a páciensek egyéni paramétereinek figyelembevételével képesek személyre szabott kezelést létrehozni, annak kimenetelét megjósolni. A terápiaoptimalizáláshoz szükséges adatgyűjtés és vizsgálatok egy lehetősége az in vitro háromdimenziós tumorkultúrák tanulmányozása. Ezek segítségével a hagyományos kétdimenziós sejttenyészeteknél jobban megközelíthető a natív tumorstruktúra és reprodukálható a tumorok néhány fontos tulajdonsága, valamint az állatkísérletekkel szemben egy etikusabb és olcsóbb módszer. Az előadásban a matematikai modellezés háromdimenziós tumor sejtkultúrákon való alkalmazását mutatjuk be.

Az egészséges és a demens agy gráfjának tulajdonságairól

GROLMUSZ VINCE

ELTE TTK PIT Bioinformatikai Csoport

Az emberi agy makroszkópikus szintű kapcsolatait egy bő évtizede tudjuk tanulmányozni diffúziós MRI felvételek feldolgozásával. Kutatócsoportunk az MRI képi adataiból az agy ezer területe közötti kapcsolatait azonosította, és ezekből ezer csúcsú gráfokat készített egészséges fiatal és idős, demens alanyok adatainak felhasználásával. Néhány egyszerű gráfelméleti tulajdonságról számolunk be a fórumon.

Fertőzésmodellezés egy hibrid matematikai rendszerben

JUHÁSZ NÓRA^{1,2}, SADEGH MARZBAN³, RENJI HAN⁴,
BARTHA FERENC^{1,2}, RÖST GERGELY^{1,2,5}, FARKAS BORÓKA¹

¹Szegedi Tudományegyetem, Bolyai Intézet

²Egészségbiztonság Nemzeti Laboratórium

³Moffitt Cancer Center, Tampa, FL, Egyesült Államok

⁴School of Sciences, Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou, Kína

⁵HCEMM

Egy parciális differenciálegyenleteket és egy agent based modelt ötvöző hibrid rendszer segítségével modellezük egy sejtpopuláció fertőzésének dinamikáját térben és időben. A vírus-, vagy baktériumkoncentrációt folytonos változóként írjuk le, míg az érintett sejtek állapotváltozásait egy sztochasztikus ABM-ben reprezentáljuk. A multiskálás megközelítés intuitív motivációja nem más, mint a folyamat biológiai résztvevőinek jelentősen eltérő fizikai mérete. A PDE-ABM keretrendszerünk segítségével megvizsgáljuk a SARS-CoV-2 terjedésének mintázatait, a Paxlovid antivirális szer különböző adagolásainak hatását, illetve az ízületek bakteriális fertőzésének egy komplex, nem-standard kiegészítő kezelését is.

Szennyvízalapú modellezése, rekonstrukciója és előrejelzése a COVID-19 immunelkerülő variánsai által okozott járványkitöréseknek

POLCZ PÉTER

Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Információs Technológiai és Bionikai Kar

Motiváció A szennyvízalapú járványanalízis ígéretes módszernek bizonyult a COVID-19 világjárvány nyomon követésére, mivel a mérési folyamat költséghatékony és kevesebb potenciális hibának van kitéve más mutatókhoz, például a kórházban kezelt vagy a detektált esetek számaihoz képest. A klinikai adatgyűjtés intenzitása a világjárvány harmadik évére drasztikusan csökkent, ekkor a szennyvízi mérések bizonyultak az egyetlen megbízható adatforrásnak a járvány aktuális állapotának becslésében. A legújabb eredmények azt sugallják, hogy a szennyvízadatok modellalapú fúziója a klinikai és más mutatókkal elengedhetetlen a jövőbeni járványfelügyeletben.

Módszer Egy korábbi munkában egy szennyvízalapú (diszkrét idejű) kompartmentális járványmodellt dolgoztunk ki kétfázisú oltási dinamikával és időben változó immunelkerüléssel. Valamint egy többlépcsős számítási módszert javasoltunk a járvány állapotának rekonstrukciójára, az ismeretlen paraméterek becslésére és a járvány várható lefutásának országos előrejelzésére. A modell alapján a napi új megbetegedések és az aktív betegek száma egyértelműen kiszámolható dinamikus inverzióval. Egy megbízható előrejelzéshez azonban elengedhetetlen egy pontos becslés a fogékony személyek számára is, amely viszont több ismeretlen változónak a függvénye. A fogékony személyek számát és az immunvesztési, immunizálási, és átfertőzési ráták idősorait interaktívan, a bilineáris feladatok mintájára ciklusonként két-két lépésben becsljük. A heurisztikus eljárás a magyarországi járványkitörések ismeretlen változóinak számítása során gyors konvergenciát mutatott, ámde az iterációk konvergenciájának formális bizonyításával nem foglalkozik ez a tanulmány.

Eredmények A 2020–22 években lefolyó járványkitörések adataival történő kiértékelések azt sugallják, hogy a szennyvízadatok felhasználása megbízhatóbbá teszi az előrejelzéseket. A számítások szerint a magyar lakosság legalább fele elveszítette immunitását az Omicron BA.1 és BA.2 alváltozatai által okozott járványkitörés során 2022 első felében. Hasonló eredményt kaptunk a BA.5 alváltozat által 2022 második felében okozott járványok esetében is. A bemutatott szennyvíz-alapú megközelítést a Nemzeti Népegészségügyi Központ munkatársaival együttműködve a magyarországi COVID-19 járványkitörések monitorizálására használtuk 2022–23-ban.

Genomok mint az evolúciós történelem dokumentuma

SZÖLLŐSI GERGELY

¹Eötvös Loránd Tudományegyetem, Biológiai Fizika Tanszék

²HUN-REN Ökológiai Kutatóközpont, Evolúciótudományi Intézet

³Okinawa Institute of Science and Technology, Model-Based Evolutionary Genomics Unit, Okinawa, Japan

A szekvencia- és genomevolúció jelenlegi legmodernebb modelljei az egyes szervezeti szinteken belüli függetlenség feltételezésén alapulnak. Noha ez a feltételezés nélkülözhetetlen a nagyméretű és folyamatosan növekvő szekvenciaadatok elemzéséhez, korlátozza az evolúciós múlt rekonstrukcióját és annak megértését, hogy a biológiai rendszerek különböző elemei, mint az aminosavak, gének vagy fajok, hogyan hatnak egymásra. Kutatásunk célja, hogy megszabaduljunk ezektől a korlátoktól. Hierarchikus probablisztikus modellekkel és újabban machine learning eljárásokkal segítjük a jelenleg függetlennek kezelt koevolúciós függőségek modellezését.

Ezen modellek alkalmazásával meghatároztuk az baktériumok filogenetikai fájának gyökerét (Coleman et al. 2021), ami lehetővé tette a bakteriális közös ős rekonstrukcióját. Ezt követően a többsejtűség kialakulását vizsgálva az Opisthokonta szupergruppban belül az állatok és gombák genetikai változásainak útvonalát rekonstruáltuk (Ocaña-Pallarès et

al. 2022) és megállapítottuk, hogy az állatok a többsejtűséghez szükséges gének felhalmozódása után jöttek létre, míg a gombák ősei a funkcionális kategóriák többségét elvesztették. A bakteriális fa mentén rekonstruált géntartalom-perdikciókat gépi tanulási módszerekkel ötvözve fel tudtuk használni a nagy Oxidációs Eseményt (Great Oxidation Event, GOE) arra, hogy időben kalibráljuk a bakteriális családfát.

Mikrobiális vírusjárványok kontaktus által indukált dormancia jelenlétében

TÓBIÁS ANDRÁS

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Számítástudományi és Információelméleti Tanszék

Az előadás témáját képező cikkben egy sztochasztikus, egyed alapú modellt vizsgálunk, amelyben egysejtű gazdaszervezeteket (baktériumot vagy archeát) lítikus vírusok támadnak meg, a gazdák pedig képesek inaktív állapotra váltani a víusrészecskékkel való érintkezés hatására, így elkerülve a megfertőződést. Ilyen védekező mechanizmusról már több kísérleti biológiai cikkben beszámoltak (Bautista és társai (2015), Jackson és Fineran (2019), Meeske és társai (2019)). Cikkünkben a dormanciához (azaz visszafordítható inaktiválódáshoz) kapcsolódó paramétereknek a sikeres vírusinvázió valószínűségére és időtartamára gyakorolt hatását elemezzük abban az esetben, amikor egyetlen víusrészecske érkezik az uralkodó, fertőzésnek kitett gazdapopulációban. Megmutatjuk, hogy a sztochasztikus rendszerben nagy gazdapopuláció esetén akkor marad aszimptotikusan pozitív a perzisztens vírushatás („járvány”) valószínűsége, ha a kapcsolódó négydimenziós differenciálegyenlet-rendszernek van koordinátáinként pozitív egyensúlyi pontja. Ez a rendszer a Beretta és Kuang (1998) által bevezetett dinamikai rendszer általánosítása, kiegészítve a gazdasejtek felépülésének és dormanciájának jelenségével. Beretta és Kuang rendszeréről ismert, hogy Hopf-bifurkációval rendelkezik: az egy gazdasejt által kibocsátott víusrészecskék számát növelve az említett egyensúlyi helyzet destabilizálódik és a rendszer aszimptotikus viselkedése periodikussá válik. Az általunk vizsgált rendszerben megmutatjuk, hogy a fertőzött gazdasejtek csökkentett mortalitása, illetve a dormancia bizonyos paraméterválasztások esetén megelőzi a bifurkációhoz kapcsolódó stabilitásvesztést. Végül megmutatjuk, hogy a dormancia jelenlétében a gazdaszervezet nagyobb egyensúlyi populációméretet tarthat fent perzisztens járvány kockázatát nélkül, mint a dormanciára nem képes gazdaszervezet. Az előadás témája közös munka Jochen Blathtal (Goethe-Universität Frankfurt).

Ipari matematika

Energiatermeléshez használt időjárási mennyiségek előrejelzéseinek statisztikai utófeldolgozása gépi tanulási technikákkal

BARAN SÁNDOR

Debreceni Egyetem, Informatikai Kar

2023 végére a világ energiatermelésének 43,2%-a származott megújuló forrásokból, a legnagyobb bővülést a szél- illetve napenergia mutatta. Ezen források hátránya azonban a magas volatilitás, ami jelentősen megnehezíti az energiahálózat üzemeltetőinek munkáját. A megbízható termelés előrejelzések legfontosabb előfeltétele a megfelelő időjárási mennyiségek pontos előrejelzése. Napjaink időjárás-előrejelzésében a legfejlettebb technika az ensemble módszer, ami lehetővé teszi a valószínűségi előrejelzést, azonban az ensemble előrejelzéseknek még manapság is gyakran túl kicsi a szórása, illetve torzítottak. Emiatt van szükség a statisztikai utófeldolgozásra, ahol a paraméteres technikák a vizsgált időjárási mennyiség előrejelző eloszlását szolgáltatják. Mi egy olyan kétlépcsős gépi tanuláson alapuló technikát mutatunk be, ahol az első lépésben javított kategorikus előrejelzéseket állítunk elő, amik aztán az ensemble előrejelzés különféle függvényeivel egyetemben az előrejelző eloszlás paramétereit előállító neurális háló bemeneteként szolgálnak. A módszer hatékonyságát két, a HungaroMet 100m szélesség, illetve globálsugárzás ensemble előrejelzésein alapuló esettanulmányban hasonlítjuk össze a legfejlettebb paraméteres utófeldolgozó technikákkal. Mindkét esettanulmány azt támasztja alá, hogy legalább 48h előrejelzési horizontig az utófeldolgozás jelentősen javít a nyers ensemble előrejelző képességén, és a javasolt kétlépcsős modell minden variánsa felülmúlja a versenytársait.

Sztochasztikus modell prediktív irányítás és alkalmazása az energetikában

CSÁJI BALÁZS CSANÁD

¹HUN-REN SZTAKI,

²Eötvös Loránd Tudományegyetem, Matematikai Intézet,
Valószínűségelméleti és Statisztika Tanszék

A modell prediktív irányítás (MPC) olyan szekvenciális döntéshozási problémák megoldására szolgál, ahol a döntéseinket (akár állapotfüggő) megszorítások korlátozzák. Az MPC stratégia minden lépésen egy (elsősorban konvex) optimalizálási feladatot old meg véges horizontot feltételezve, majd annak aktuális döntését végrehajtva iteratíván ismétli ezt az eljárást (gördülő horizont). A sztochasztikus MPC esetén a rendszer viselkedése bizonytalan, és az ilyen feladatok sztochasztikus programozáson alapuló megoldása jellemzően nagyon nehéz, és csak akkor lehetséges, ha pontosan ismerjük a bizonytalanságok eloszlásait, amelyek valamilyen „szép” családba tartoznak. A gyakorlatban ezek az eloszlások tipikusan nem ismertek, azonban, ha feltételezzük, hogy van egy generatív modellünk a bizonytalanságokról (pl., szimulálni tudjuk a rendszert), akkor alkalmazhatók véletlen mintavételezésen alapuló megközelítések is. Az előadásban egy ilyen mintavételezésen-és-eldobáson alapuló SMPC módszert mutatunk be, amely a bizonytalan konvex optimalizálás ún. „szkenárió” módszerén alapul, és eloszlás-független garanciákkal rendelkezik. A módszert egy megújuló erőforrás típusú energetikai rendszer példáján keresztül szemlél-tetjük.

Deep Learning for Industry 5.0: Digital-twins of people and places

KRISTIAN FENECH

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Mesterséges Intelligencia Tanszék

Advancements in deep learning have lead to revolutionary new techniques for modelling physical objects and spaces from multi-view images such as Neural Radiance Fields (NeRF) and Gaussian Splatting. The combination of these methods with real-time environmental modelling presents new opportunities for industrial applications in areas of safety monitoring, layout optimisation, training and furthering human-machine collaboration in extended and Virtual Reality. These objectives are inline with current initiatives in Industry 5.0, which aims to focus on a sustainable and human-centered transition in industry. In this talk I will present our current work on the modelling of physical spaces with NeRF based methods and multi-person pose optimisation using Deep Non-Rigid Structure from Motion and how these can be combined for industrial applications.

Dolgozói feladatkiosztás egy hazai vállalatnál

HORVÁTH MARKÓ

EPIC InnoLabs

Az előadásban röviden bemutatjuk a matematikai háttérét egy hazai vállalat számára készített szoftverünknek. Több heti rendelésállományt kell közel 200 dolgozó között szétosztani, figyelembe véve a dolgozók képesítését és munkarendjét. A cél a rendelések össz-késésének minimalizálása. A problémát egészértékű lineáris programozási feladatként modellezzük, és egy primál heurisztika segítségével gyorsítjuk a megoldó eljárást.

Nyomáshatárló szelepek rezgései – CFD szimulációtól Excelig

HŐS CSABA

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar,
Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék

A nyomáshatárló szelepek a védelem utolsó vonalát képviselik; katasztrofális következményei lehetnek, ha nem látják el megfelelően feladatukat. Ezek a nagyon egyszerű, egy-szabadságfokú lengőrendszerekhez hasonló eszközök azonban meglepően hajlamosak rezgésekre, amelynek forrását a gyakorló mérnökök sokáig rezonanciával magyaráztak. Az előadásban bemutatom, hogy egy védendő tartályból, a nyomáshatárló szelepből és az összekötő csővezetékéből álló rendszerben többféle instabilitás is felléphet, melyek közül az ún. negyedhullám-instabilitás a legfontosabb, amikor a csővezeték első akusztikus módusa csatolódik a szeleppel. Egyszerű, akár Excelben is kiértékelhető méretezési képletet vezetünk le ennek elkerülésére. Amennyiben a szelep a rezgés közben belever a szelepülékbe, komplex mozgásformák jöhetnek létre, például ütközés(eke)t tartalmazó Shil'nikov-szerű pályák.

Hatékony teremakusztikai szimulációk

IZSÁK FERENC

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Alkalmazott Analízis és Számításmatematikai Tanszék

A vizsgált akusztikai jelenségek pontos modelljéhez realisztikus, frekvenciafüggő peremfeltétellel látjuk el a hangnyomásra vonatkozó hullámegyenletet. Ezek késleltetést is tartalmaznak. Az egyenletek térbeli diszkretizációjához speciális, tömegmátrix-összevonást lehetővé tevő véges elemeket használunk téglakon, illetve tetraédereken. A numerikus megoldás időlépését egy szimplektikus Runge–Kutta-módszer kiterjesztésével kapjuk. Egy autó belső terében történő szimulációhoz a Gmsh program generálja a tetraéder-felosztást, míg a teljes eljárásban Matlab- és Python-komponenseket is használunk.

A kutatási munkát az ENTEL Műszaki Fejlesztő Kft. támogatta. A fentiekkel kapcsolatos újabb kutatások a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal támogatásával a Tématerületi Kiválósági Program 2021 – Nemzeti Kiválósági Alprogram „Mesterséges intelligencia, nagy hálózatok, adatbiztonság: matematikai megalapozás és alkalmazások” elnevezésű pályázatának (NKTA-62) keretében valósultak meg.

Többtermékes gyártósorok termelési sebességének és ciklusidejének vizsgálata

LELKES ZOLTÁN

OptaSoft Kft.

Az ipari termelési rendszerek gyakran modellezhetőek gyártósorokként. Az előadásban kiegyensúlyozott, kéttermékes, négy állomással rendelkező gyártósorokat vizsgálunk. Ezek a gyártósorok nem rendelkeznek átállási idővel, és CONWIP termelésirányítási rendszert alkalmaznak. Megfigyelhető, hogy mind a determinisztikus, mind a sztochasztikus kéttermékes gyártósorok teljesítménye alacsonyabb, ha a különböző termékek feldolgozási idejét átlagos feldolgozási időként, a relatív szórásukat pedig átlagos relatív szórásként kezeljük. Az előadásomban bemutatom, hogy még egy nagyon egyszerű ütemezési logika is javítja a CONWIP rendszer teljesítményét. A termelésstervezők gyakran túlbecsülik a termelőssoraik teljesítményét, mivel nem veszik figyelembe megfelelően a többtermékes hatásokat. Egy szaniteráru-gyártó létesítmény esettanulmányán keresztül szemléltetem ennek a hatását a teljesítmény becslésére. Amennyiben nem vesszük figyelembe a többtermékes hatásokat, a gyártólétesítmény gyártási sebességét 22%-kal túlbecsüljük, míg a ciklusidejét 18%-kal alábecsüljük.

Adatokkal támogatott járműirányítások tervezése minőségi garanciákkal

NÉMETH BALÁZS

HUN-REN SZTAKI Rendszer- és Irányításelméleti Kutatólaboratórium

Az előadás olyan járműirányítási megoldások tervezésének matematikai hátterét mutatja be alkalmazási példákon keresztül, amelyekben a járműmozgás hatékonysága adatokkal támogatott. A mozgás során gyűjtött adatok segítségével, gépi tanulási algoritmusokon keresztül a járműirányítás-tervezésben megjelenő nemlineáris jelenségek egy robusztus irányítási keretrendszerben kerülnek figyelembe vételre. Ennek eredménye egy olyan irányítási eljárás, amely a járműmozgás egyes biztonsági követelményeinek garanciák mellett képes eleget tenni. Az alkalmazási eredmények között olyan példák kerülnek bemutatásra mint versenyzési-célú, illetve a „Vészhelyzeti pályatervezés kooperáló autonóm járművek számára” (2019-2.1.12-TÉT_VN-2020-00003) projekt keretében megvalósult, forgalomban haladó autonóm földi járművek irányítástervezése.

Kompartmentális áramlási modellek és közlekedési alkalmazásuk

SZEDERKÉNYI GÁBOR

Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Információs Technológiai és Bionikai Kar

Az előadásban a Lighthill–Whitham–Richards (LWR) típusú forgalmi áramlási modellek speciális véges térfogat módszerrel diszkretizált változatával foglalkozunk. Az alkalmazott séma olyan közönséges differenciálegyenlet-rendszert eredményez, amely formálisan leírható kémiai reakcióhálózatok modellezésére alkalmazott kinetikus és kompartmentális modellekkel. A modellosztály jellemzőit felhasználva megmutathatók a séma olyan fontos tulajdonságai, mint a nemnegativitás, konzervativitás, monotonitás és a kapacitás megőrzése, valamint vizsgálható a klasszikus áramlási modellekkel (pl. Godunov, Cell Transmission Model) való kapcsolat. A reakcióhálózatok elmélete sikeresen alkalmazható még a perzisztencia és a Ljapunov-stabilitás bizonyítására is. A kidolgozott modell két kiterjesztését is ismertetjük tetszőleges úthálózatokra és változó vezetési körülményekre.

Hatékony vezeték nélküli kommunikáció változó közegben

TELEK MIKLÓS

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Hálózati Rendszerek és Szolgáltatások Tanszék

A vezeték nélküli kommunikációs rendszerek működése két fő lépésből áll: a közeg megismerése és adatátvitel. Mindkét lépés erőforrás felhasználással jár és a hatékony kommunikációhoz optimalizálni kell az erőforrás megosztást. Az előadás Gauss-i modell viselkedést feltételezve példát mutat az erőforrás megosztás optimalizálására a közeg változásának függvényében.

Nyílt halmaz alapú objektumfelismerés alkalmazásai

TORNAI KÁLMÁN

Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Információs Technológiai és Bionikai Kar

A nyílt halmaz alapú objektumfelismerés területén az elmúlt években számos új algoritmus és megoldás látott napvilágot, amelyeket elsősorban képfeldolgozási problémák esetén alkalmaznak sikerrel. Az elérhető eljárások és továbbfejlesztéseik idősorok esetén is magas teljesítőképesség mellett vethetők be. Két alkalmazási terület kerül bemutatásra: i) mobil telefonok esetén felhasználó felismerése rövid mozgási mintázatok alapján; ii) elektromos fogyasztó eszközök felismerése és kategorizálása. Az alkalmazásokban közös jellemvonás, hogy idősorok feldolgozása szükséges az intelligens rendszer számára, illetve mindkét felhasználás során megoldandó probléma a mért adatok releváns jellemzőinek meghatározása és kinyerése.

MI és adattudomány

A neurális nyelvi modellek konzisztenciája és értelmezhetősége

BEREND GÁBOR

Szegedi Tudományegyetem

A neurális nyelvi modellek tanításával az emberek kognitív képességeire emlékeztető viselkedést tanúsító modellek alkothatók. A tanítási folyamat azonban nagyon költséges, és noha a betanult modellek tekintetében az emberi szövegalkotást, valamint szövegértést imitálni képes modelleket vagyunk képesek készíteni, maga a tanítási folyamat nem áll tökéletes összhangban az emberi felfogással. Az előadásban ennek az ellentmondásnak a mérséklésére ajánlunk egy megoldást, és térünk ki az így létrehozható modellek értelmezhetőségével kapcsolatos kérdésekre.

Limitations of generalization bounds for neural ODEs and SSMs

DARÓCZY BÁLINT

HUN-REN SZTAKI

We present recent results on generalization bounds for neural Ordinary Differential Equations (neural ODE) and State Space Models (SSM) while we show that stability and time pooling are the key factors to maintain long term performance.

Többlethalálozás – statisztikai kérdésektől a kérdéses statisztikákig

FERENCI TAMÁS

Óbudai Egyetem

A többlethalálozás, tehát egy időszak tényleges halálozásának és a múltbeli adatokból statisztikai alapon előrejelzett halálozásának a különbsége, noha jóval régebbi múltra tekint

vissza, a koronavírus-járvány első évében került a figyelem középpontjába: úgy bukkant fel, mint a jelentett halálozásnál jobb – ezen belül is különösen: az országok között robusztusan összehasonlítható – mutatója a járvány okozta halálozásnak. Ennek van racionális alapja: a többlethalálozás független a tesztelési intenzitástól és független a haláloki besorolástól, amely problémák valóban megjelennek a regisztrált halálozásban, és valóban nagyban nehezítik az országok közötti összehasonlítását. A dolog azonban nem jön ingyen: a többlethalálozásnak magának is vannak nehézségei, melyek nem kaptak mindig kellő figyelmet. Ezek egy része értelmezésbeli (a többlethalálozás bruttó jellegű mutató, mely egybeméri a járvány direkt hatását, és a járvány, valamint kezelésének indirekt hatásait, ezek miatt elvileg sem azonosítható a jelentett halálozással), más része azonban matematikai: mi lesz a jó extrapoláció a múltbeli adatokból? Ez a kérdés egyáltalán nem irreleváns, hiszen ha magasabb értéket becslünk, akkor kisebb többlethalálozást kapunk és fordítva. Előadásomban körbejárom azokat a statisztikai módszereket, mellyel ezek az előrejelzések elvégezhetőek, bemutatom a szisztematikus vizsgálatuk módszereit, és az ezekkel kapott eredményeket is. Kitérek arra, hogy ezen eredményekből mi szűrhető le, mi a helyes munkamódszer, és végül rámutatok a megállapítások néhány gyakorlati alkalmazására és jelentőségére.

Fejlett RAG: egy termék és szolgáltatás fejlesztésének néhány tapasztalata

LONDON ANDRÁS

Szegedi Tudományegyetem

A RAG (Retrieval-Augmented Generation) a nagy nyelvi modellek (LLM-ek) feladat-specifikus alkalmazhatóságát hivatott javítani „külső” tudásbázisok segítségével, lehetővé téve a kontextusfüggő és pontosabb válaszadást. A fejlett RAG módszerek területén végzett kísérleteink néhány új megközelítést vizsgálnak a paradigma hatékonyságának javítására. A módszereink között szerepel többek közt tudásgráfok, speciális LLM ágensek és hierarchikus klaszterezési eljárások alkalmazása. Néhány esettanulmányon keresztül bemutatjuk, hogy ezen módszerek hogyan növelik a teljesítményt különböző alkalmazásokban, különösen kontextus kinyerés, illetve a kérdés-megválaszolás tekintetében.

Közös munka: Dombi Gergely, Székely-Kádár Márta, Vincze Sándor (Gear Technologies – `kodeage.ai`)

Ezermester transformerek

LUKÁCS ANDRÁS

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Matematikai Intézet,
Számítógéptudományi Tanszék

Az utóbbi évek egyértelműen legsikeresebb neurális háló architektúrái a transformerek. Számos modalitásra és feladatra sikeresen alkalmazhatók: alapját képezik a nagy nyelvi és legjobb képfeldolgozó modelleknek, egyre több szekvenciális adattal kapcsolatos feladatban alkalmazzák őket. Az előadásban példákat mutatok a transformerek komplex, új feladatokra való alkalmazhatóságára, valamint érinteni fogunk a transformerek nagy adat és erőforrás igényével kapcsolatos kérdéseket is.

Solving problems in epidemiology using Physics-Informed Neural Networks

AFFAN SHOUKAT

Yale University, New Haven

Physics-Informed Neural Networks (PINNs) are a scientific machine learning technique that combines artificial neural networks, partial differential equations, and physical principles to solve problems in several domains including biomedicine, epidemiology, dynamical systems, and fluid mechanics. PINNs approximate solutions to differential equations by modifying the loss function of a neural network to fit to observed data while reducing the residual of the differential equation. In this talk, I will highlight an application of PINNs by estimating parameters and simulation of classic models in epidemiology, including the Lotka–Volterra model and the SEIR model, both which are system of first-order, nonlinear differential equations that describe the dynamics of interacting population.

Dinamikai rendszerek kauzális kapcsolatai

JAKOVÁC ANTAL¹, STIPPINGER MARCELL¹, BENKŐ ZSIGMOND¹,
ZLATNICZKI ÁDÁM², BENCZE ATTILA¹, ERŐSS LORÁND³, FABÓ
DÁNIEL³, SÓLYOM ANDRÁS³, SOMOGYVÁRI ZOLTÁN¹, TELCS ANDRÁS¹

¹HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont

²Ericsson

³OMIII

A HUN-REN WIGNER Fizikai Kutatóközpont Elméleti Idegtudományi és Komplex Rendszerek Kutatócsoporton belül évek óta működik egy kauzalitás elemzéssel foglalkozó csapat. Számos tudományos kutatás alapkérdése az ok-okozati kapcsolat feltárása. Mi a megfigyelt jelenségek idősorából próbálunk a kauzális kapcsolatra következtetni. Judea Pearl kidolgozott egy axiomatikus elméletet a kauzális kapcsolatok feltárására, ez átvihető dinamikai rendszerek vizsgálatára is, azok idősorainak megfigyelését használva. Ez az elmélet ismert források közötti kapcsolatot tud feltárni, mi azonban pont azt vizsgáljuk, hogy ha mindössze két idősort figyelünk meg, hogyan lehet a közöttük meglévő kauzális kapcsolatot felderíteni, és azonosítani azt a helyzetet is, amikor látszólagos kapcsolatukat egy harmadik rejtett közös ok hozza létre.

Korábbi eredményeink Takens nevezetes beágyazási tételére támaszkodva determinisztikus dinamikai rendszereket vizsgáltak. Ezzel szemben a sztochasztikus dinamikai rendszereket Markov-láncok keretében vizsgáltuk. Legújabb módszerünk determinisztikus és sztochasztikus dinamikai rendszerek egységes vizsgálatát teszi lehetővé. Mindegyik módszerünk képes azonosítani két rendszer X és Y között a lehetséges alapvető kauzális kapcsolatokat, azaz, függetlenek, nincs közöttük oksági kapcsolat, X okozza Y -t vagy fordítva, kölcsönösen okozzák (meghajtják) egymást vagy pedig létezik egy harmadik rejtett Z rendszer, ami egyaránt okozza (meghajtja) X -et és Y -t. A módszereket szintetikus adatokon demonstráltuk, illetve plazmafizikai idősorokra, elektromos agyi jelekre és más mérésadatokra is alkalmaztuk.

Alkalmazott matematika az elméleti matematikában

VARGA DÁNIEL

HUN-REN Rényi Alfréd Matematikai Kutatóintézet

Bemutatjuk, hogy numerikus optimalizálási- és gépi keresési módszerek hogyan hasznosíthatóak a matematikának egy alkalmazásoktól meglehetősen távoli ágában, az egységtávolság-gráfok elméletében. Kiemelt példánk Erdős Pál sejtésének bizonyítása az egységtávolság-kerülő síkbeli halmazok sűrűségéről.

Matematikai módszerek az adatvezérelt vízgazdálkodási fejlesztésekben

VÍZI ZSOLT

Szegedi Tudományegyetem, Bolyai Intézet

A vízügyi igazgatóságok Magyarországon olyan szakmai feladatokat látnak el, mint az árvízvédelmi és vízgazdálkodási programok koordinálása, valamint az árvízkárokkal kapcsolatos tevékenységek szervezése. Mivel a vízszintadatok kézi rögzítése a mérőállomásokon elhelyezett mérőműszerek telepítésével korszerűsödött, napi szinten nagy mennyiségű adat keletkezik, de ennek csak viszonylag kis hányada kerül felhasználásra a munka operatív szintjén. A Szegedi Tudományegyetem, az Alsó-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság és a Smart Software Consulting Kft. együttműködésében az elmúlt három évben a vízgazdálkodási területen jelenleg alkalmazott eszközök és módszertanok továbbfejlesztése vagy átalakítása kezdődött el.

Ebben az előadásban a folyamatban lévő K+F tevékenység eredményeit mutatjuk be, két fő témakörre kiterjedően. Egyrészt bemutatunk egy matematikai keretrendszert a Tisza mentén az árhullámok időbeli viselkedését egy speciális gráfként ábrázoló árhullámok formális elemzésére. A pilot projektben kifejlesztett szoftver lehetővé teszi a szakemberek számára a folyószabályozási tevékenységek hatásának vizsgálatát és a folyó különböző szakaszai közötti különbségek jobb megértését. Másrészt bemutatjuk a vízszint előrejelzésére kifejlesztett adatvezérelt modellt és egy részletes kiértékelési környezetet, amely feltárja a modell erősségeit és gyengeségeit, és pragmatikus eszközöket tesz lehetővé az előrejelző modellek összehasonlítására. Mivel a meglévő megközelítések áramlástan vagy statisztikai módszereket használnak, a modellek korlátainak világos megértése olyan ensembling technikák alkalmazásához vezethet, amelyek kombinálhatják a szakértői tudást és a mögöttes adatokból kinyert információkat.

Matematikai formulák beágyazása vektortérbe

ZOMBORI ZSOLT

HUN-REN Rényi Alfréd Matematikai Kutatóintézet

Egy feladat megoldásának nehézségében nagyon nagy szerepet játszik, hogy a feladat hogyan van reprezentálva. A modern tanuló módszerek egyik fő erőssége, hogy képesek automatikusan megtalálni olyan adatrepresentációkat, melyek a célfeladat megoldását jelentősen megkönnyítik. Matematikai illetve logikai feladatok megoldásánál nehézség, hogy

a feladat leírásához használt szintaxisból nehéz kinyerni a megoldáshoz szükséges szemantikát, ezért különösen fontos, hogy a belső reprezentáció jobban tükrözze a feladat szemantikáját. Az előadás során bemutatjuk, hogy egy modern neurális nyelvi modell tanítása során milyen adatrepresentációk jönnek létre. Beszélünk arról is, hogy ezeket a reprezentációkat hogyan lehet alakítani, hogy tükrözzék az adott matematikai területtel kapcsolatos háttértudásunkat és ezáltal alkalmasabbak legyenek matematikai feladatok megoldására.

Pénzügy és gazdaság

Particionált párosítási játékok komplexitási kérdései nemzetközi vesecseré modellezés során

BENEDEK MÁRTON

¹Budapesti Corvinus Egyetem

²Közgazdaság- és Regionális Tudományi Kutatóközpont, Közgazdaságtudományi Intézet

Nemzetközi vesecserereprogramok modellezésére bevezetésre kerülnek a particionált párosítási játékok, melyekben párosítási periódusonként a teljes elérhető vesetranszplantációkat kell igazságosan szétosztani a résztvevő országok között. Maga az (N, v) particionált párosítási játék egy $G = (V, E)$ élsúlyozott gráfon értelmezett, amely gráf csúcsai particionálva vannak az országok szerint: egy p , N -beli játékos egy országot reprezentál és kontrollálja a gráf egy V_p csúcs(rész)halmazát. Egy játékosok részhalmazából álló S koalíció értéke, $v(S)$, a maximális súlyú párosítás súlya egy az S koalícióban szereplő játékosok által kontrollált csúcsok által kifizetett részgráfban. Ha minden játékos 1 csúcsot kontrollál, akkor visszakapjuk a hagyományos párosítási játékokat. Legyen c a legnagyobb, játékos által kontrollált csúcs(rész)halmaz mérete (ezt nevezzük a játék szélességének). Megmutatjuk, hogy a játék magjának nem ürességét polinom időben meg lehet állapítani ha c legfeljebb 2, de ko-NP-nehéz már c legfeljebb 3 esetén is. Tesszük mindezt a már elterjedt b -párosítási játékokkal (mely párosítási játékokban egy csúcshoz több él is csatlakozhat) való kapcsolat létesítésével, és teljessé tesszük a komplexitási osztályozást a b -párosítási játékok magja nemürességének tesztelésével. Alkalmazási szempontból megválaszolunk több komplexitási kérdést elsősorban arra vonatkozóan, hogy számos optimális megoldás közül hogy tudunk olyat választani, ami egy kívánatos, előre adott igazságos vesetranszplantáció-eloszláshoz leginkább közel esőt valósít meg.

Optimalizáció kétoldali, preferencia-alapú párosítási alkalmazásokban

BIRÓ PÉTER

¹HUN-REN Közgazdaság- és Regionális Tudományi Kutatóközpont

²Budapesti Corvinus Egyetem

Az előadásban négy – gyakorlati alkalmazásokhoz kapcsolódó – kutatási projekt eredményeit tekintjük át, melyekben közös, hogy egészértékű programozási módszerrel kerestünk

megoldást. Az első a magyar egyetemi felvételi, ahol Gale és Shapley (1962) alapmodellje kibővül a pontegyezések miatti holtversenyekkel, létszámokra vonatkozó alsó és közös kvótákkal, illetve szakpárokra történő jelentkezésekkel. A második alkalmazás a Budapesti Corvinus Egyetem CEMS Business Project allokációja, ahol speciális disztribúciós feltételeket kell kielégítenie a megoldásnak. Ezután egy általánosított ponthatár alapú megoldási koncepciót ismertettünk, amelyet egy sydney-i egyetem nyári kutatási ösztöndíjainak elosztása motivált. Végül egy új megoldási koncepciót ismertettünk iskolaválasztásra, amelyet egy észtországi óvodai allokációs adaton teszteltünk számítógépes szimulációval.

Rezidensallokáció házaspárokkal

CSÁJI GERGELY

HUN-REN Közgazdaság- és Regionális Tudományi Kutatóközpont,
Közgazdaságtudományi Intézet

A rezidensek allokációja kórházakba egy algoritmikusan rendkívül bonyolult feladat, amennyiben a rezidensek között házaspárok is találhatók. Számos nehézségi eredmény mellett eddig főleg csak triviális speciális estre volt ismert algoritmus. A cikkünkben olyan új algoritmusokat mutatunk, amelyek képesek jóval tágabb speciális esetekben hatékonyan stabil megoldást találni, illetve néhány NP-nehéz esetben is tudnak közel megengedett stabil megoldást keresni, ahol a kórházak kapacitásait legfeljebb eggyel kell módosítanunk.

Kereskedési rendszerek és stabil megoldások

FLEINER TAMÁS¹, JANKÓ ZSUZSANNA^{2,3}, ALEXANDER TEYTELBOYM⁴,
AKIHISA TAMURA⁵

¹Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

²Budapesti Corvinus Egyetem

³HUN-REN Közgazdaság- és Regionális Tudományi Kutatóközpont,
Közgazdaságtudományi Intézet

⁴University of Oxford

⁵Keio University

Kereskedési rendszereket modellezünk egy irányított gráffal, ahol a csúcsok a cégek, az élek a lehetséges kereskedések. Élek valamely részhalmazát kimenetelnek nevezzük, ezek

azok az élek, amelyeken megvalósul a kereskedés. Általánosítjuk Ostrovsky modelljét, ahol ez a gráf aciklikus (azaz ellátási láncról van szó) és minden résztvevőnek van egy teljesen komonoton kiválasztási függvénye. A mi modellünkben kiválasztási függvénnyel adottak a preferenciák, de a rendszer tartalmazhat irányított köröket.

Bevezetjük a trail-stabilitás fogalmát, és megmutatjuk, hogy mindig található trail-stabil kimenetel, feltéve, hogy minden cég kiválasztási függvénye teljesen komonoton. Hatfield és Kominers a halmaz-stabil rendszereket vizsgálták, ahol eddig nem megvalósult kereskedések bármely halmaza blokkolhatja a jelenlegi kimenetelt. A halmaz-stabil megoldás létezése nem garantált. Megmutatjuk, hogy egy megadott kimenetelről NP-nehéz eldönteni, hogy halmaz-stabil-e. A trail-stabilitás deníciójában blokkoló sétákat keresünk, amelyben sorra minden szereplő elfogadná a neki felajánlott új szerződéseket, megengedve, hogy közben eldob néhány régebbit.

A trail-stabil kimenetek nemüres hálót alkotnak a végső vevők preferenciáira nézve. Megmutatjuk a vidéki kórház tétel erre a rendszerre való általánosítását, stratégia-biztosságot, és hogy miképp változik meg a vevő- ill. eladó-optimális kimenetel, ha egy új végső vevő lép be a piacra.

Markov-láncok nemstacionárius véletlen környezetben

LOVAS ATTILA

HUN-REN Rényi Alfréd Matematikai Kutatóintézet

A véletlen közegbe helyezett Markov-láncok olyan valószínűségi változósorozatok, melyek egy környezetként interpretált véletlen folyamat minden lehetséges realizációi mellett inhomogén Markov-láncként viselkednek, az egyes időpontokban az átmenetvalószínűségeket pedig a környezet pillanatnyi értékei határozzák meg. Ez a folyamat osztály eléggé gazdag ahhoz, hogy sok fontos alkalmazást lefedjen, ugyanakkor az általános állapotterű Markov-láncok elmélete alkalmazhatónak bizonyult ezeknek a folyamatoknak az analízisére. Az alkalmazási területek közül említhetjük az exogén változókat tartalmazó idősor modelleket, melyek szerves részét képezik az ökonometriai módszertannak, továbbá az olyan tömegki-szolgálati modelleket, ahol az igények között eltelt idő nem független és azonos eloszlású. Szintén véletlen közegbe helyezett Markov-láncnak tekinthetők egyes online adatfolyamokból tanuló algoritmusok, ahol a véletlen közeg maga az adat. Az elmúlt öt évben számos új eredmény született, mely a véletlen közegbe helyezett Markov-láncok viselkedését tisztázta abban az esetben, amikor a környezet stacionárius és ergodikus folyamat. Ezzel párhuzamosan a gyengén függő valószínűségi változósorozatok terén is számottevő fejlődés ment végbe: Lindeberg-típusú feltétel mellett Hansen igazolta a nagy számok L1-törvényét, Merlevéde és Peligrad pedig a centrális határeloszlás tételt bizonyította be abban az esetben, amikor egy plusz variancia feltétel is teljesül. A véletlen közegbe helyezett Markov-láncok széles körére sikerült megmutatnunk a keverési tulajdonságok öröklődését, így ezen új eszközök birtokában bizonyítani tudtuk a nagy számok L1-törvényét és a centrális határeloszlás tételt abban az esetben, amikor a környezet nem stacionárius, csupán elég jól

kever. A Merlevéde–Peligrad-féle centrális határeloszlástételhez nélkülözhetetlen variancia feltétel bizonyításához információelméleti eszközökkel jutottunk el. A kapott elméleti eredmények birtokában jól kezelhető elégséges feltételeket kaptunk sorbanállási rendszerekben a centrális határeloszlás tételre. A közeljövőben az új eszköztárat az online adatokon futó sztochasztikus Langevin-dinamika nevű optimalizációs eljárás analízisére szeretnénk felhasználni, illetve ki szeretnénk terjeszteni hosszú memóriájú folyamatokra is.

Hozamfelbontás

MOLNÁR-SÁSKA GÁBOR

BlackRock

A hozamfelbontás egy sor olyan metodológia, amelyet a teljesítményelemzők arra használnak, hogy megmagyarázzák, miért különbözik egy portfólió teljesítménye a referenciaértéktől. A portfólió hozama és a referenciaérték hozama közötti különbséget aktív hozamnak nevezik. Az aktív hozam a portfólió teljesítményének azon összetevője, amely abból a tényből ered, hogy a portfóliót aktívan kezelik.

A különböző típusú hozamfelbontások különböző módon magyarázzák az aktív hozamot. A felbontások vizsgálata során megpróbálják megkülönböztetni, hogy a portfólió teljesítményét befolyásoló különböző tényezők közül melyik hogyan járul hozzá a portfólió teljes teljesítményéhez. Konkrétan, ezzel a módszerrel összehasonlítjuk a menedzser tényleges befektetési állományainak összhozamát egy előre meghatározott referenciaportfólió hozamával, és a különbséget szelekciós és allokációs hatásra bonthatjuk.

Ebben az eljárásban nehézséget jelent, hogy a döntés-kiigazításnak több olyan időszak együttes hatását is figyelembe kell vennie, amelyek során a súlyok változnak, valamint a hozamok is geometriai módon növekednek. Ezen túlmenően a modern portfólióelméletben minden hozamelemzést összekapcsolnak a kockázatelemzéssel is, így a jó teljesítményeredmények elfedhetik a jelentősen megnövekedett kockázathoz való viszonyukat. Ezért egy megfelelő hozamfelbontási rendszert mindig egy pontosan arányos kockázathozzárendelési elemzéssel párhuzamosan kell értelmezni.

Ebben az előadásban áttekintjük a hozamfelbontás történetét, és megvitatjuk a jelenlegi módszertani kihívásokat.

Optimális kereskedés átlaghoz húzó árak és kockázatkerülő befektetők esetén

NAGY LÓRÁNT

HUN-REN Rényi Alfréd Matematikai Intézet

Az ökonometria elmélete a nyugdíj célú megtakarítások tervezésénél azt mondja, hogy a befektetőknek figyelembe kell venniük a várható élettartamot és életkoruk előrehaladtával csökkenteniük kell kitérttségüket a kockázatos befektetésekből. Ezzel ellentétben, a modern portfólió elmélet, nagy általánosságban, olyan portfóliókat ír elő, melyek nem érzékenyek a befektetés időhorizontjára.

A Guasoni, Nagy, Rásonyi [1] cikk egy olyan piacot vizsgál, ahol az árakat a temporális fluktuáció jellemzi és az árfolyamatot egy úgynevezett hatványrendben visszahúzó, általánosított Ornstein–Uhlenbeck-dinamika írja le, a befektető pedig kockázatkerülő. A hosszútávon legjobb stratégia független az átlagos hozamtól, a kockázatvállalási hajlandóság a horizont függvényében hatványrendben nő, a jó befektető pedig az életkor előrehaladtával hatványrendben likvidál.

Ezek az eredmények rámutatnak arra, hogy szemben a mertoni iskola általánosnak hitt állításaival, továbbá a „turnpike” tételekben megfogalmazottakkal ellentétben, bizonyos körülmények között, például az úgynevezett hosszútávon biztonságos pénzügyi termékek kereskedése esetén, a nyugdíj előtakarékosság elmélete által előírt irányelvek érvényesülnek.

[1] P. GUASONI, L. NAGY, M. RÁSONYI, Young, timid, and risk takers, *Math. Finance* **31**(2021), No. 4, 1332–1356.

Probability equivalent level of Value at Risk and higher-order Expected Shortfalls

NEDÉNYI FANNI

HCEMM

The Basel Accords require banks to set aside capital in line with their levels of risk. Currently, Value-at-Risk (VaR) is the applied risk measure of the potential loss in the value of a portfolio. In particular, 99% VaR is utilized, which is the loss that is likely to be exceeded only 1% of the time. While VaR is widely used and easy to compute, it has no information on the magnitude of the biggest 1% of losses. Moreover, it is not a coherent risk measure. Indeed, it is not subadditive, which means that VaR of a portfolio can be higher than the sum of the VaRs of the individual assets in the portfolio. The Fundamental Review of

the Trading Book is expected to make a complete revision of the approach to calculating risk-based capital requirements for investments. The 99% VaR is supposed to be replaced by 97.5% Expected Shortfall, which is the average of $\text{VaR}(x)$ for x between 0.975 and 1. We are examining higher-order Expected Shortfalls as potential alternative risk measures. The n -th-order Expected Shortfall is similar to the classical one (which is a special case for $n = 1$), the difference is that instead of a simple average, it is a weighted average of the VaR values, weighted by a function that depends on n . We define $\text{PELVE}(n)$, which basically tells us what level n -th-order Expected Shortfall corresponds to a certain level VaR. We investigate its properties and calculate $\text{PELVE}(2)$ for some important distributions including ones with heavy tail. Moreover, for $\text{PELVE}(2)$, we present some simulation results along with real data analysis.

Nagy frekvenciájú kereskedés frakcionális Brown-mozgás esetén

RÁSONYI MIKLÓS

HUN-REN Rényi Alfréd Matematikai Kutatóintézet

Mandelbrot már a 60-as években a mellett érvelt, hogy Brown-mozgás helyett frakcionális Brown-mozgást kellene használni a részvényárak modellezésére. Különösen fontossá válik ez a kérdés nagy frekvenciájú kereskedésnél.

A Markowitz-féle portfólióelmélet szellemében vizsgáltuk a befektetők aszimptotikus viselkedését midőn a kereskedési időpontok besűrűsödnek az intervallumon.

Kollégáimmal, Paolo Guasonival (Dublin City University) és Yuliya Mishurával (Taras Shevchenko University, Kijev) megmutattuk, hogy a frakcionális Brown-mozgás bizonyos értelemben úgy viselkedik, mintha egy Brown-mozgást látnánk nemnulla drifttel, aminek nagysága explicite meghatározható. Számos más meglepő következtetésre is jutottunk, amit az előadáson ismertetni fogok.

Kooperatív játékelmélet és adósságelengedés pénzügyi hálózatokban

TERJÉK ANDRÁS

Budapesti Corvinus Egyetem

Az adósságelengedés a hitelezők javára is válhat azáltal, hogy segíthet megakadályozni az adós csődjét, így elkerülni a csődkiadásokat és megállítani a válság terjedését a pénzügyi hálózatban. A csőveszélybe kerülő cégeknek azonban jellemzően több hitelezőjük van, ami

megnehezíti, hogy a cég megmentése érdekében megállapodásra jussanak az adósságelengedésről. Ez a kihívás tovább bonyolódik, ha a hitelezők közt is vannak, akik fizetési képességűek. Ha a hitelezők nem jutnak hatékony együttműködésre, mindannyian veszteséget szenvednek. Kutatásunkban az adósságelengedést mint kooperatív játékelméleti problémát közelítjük meg hálózati szemszögből. Modellünkben vállalatokból áll, összetett tartozási hálózattal bármely két vállalat közt. Minden szereplő célja, hogy maximalizálja értékét azáltal, hogy követeléseit egy részét elengedi. Ezt hívjuk az adósságelengedési játéknak. Bemutatunk egy megoldást erre a játékra, amely maximalizálja a jólétet, az összes szereplőnek növeli az értékét és a játék erős magjában van, ami azt jelenti, hogy a vállalatok egyetlen csoportja sem tud jobb eredményt elérni külön együttműködve. Ezek mellett egy gazdasági érvelést is adunk arra, hogy ez a megoldás a legigazságosabb módja az adósságelengedések elosztásának. Így megmutatjuk ennek a megoldásnak a különleges szerepét, egyfajta referencia-megoldásként a játékra.

POSZTEREK

Data-driven confidence intervals for the mean of heavy-tailed distributions

AMBRUS TAMÁS, SZENTPÉTERI SZABOLCS, CSÁJI BALÁZS CSANÁD

¹HUN-REN SZTAKI,

²Eötvös Loránd Tudományegyetem, Matematikai Intézet,
Valószínűségelméleti és Statisztika Tanszék

Estimating the expected value is one of the key problems of statistics, and it serves as a backbone for countless methods in machine learning. In this poster we present a new algorithm to build non-asymptotically exact confidence intervals for the mean of a symmetric distribution based on an independent, identically distributed sample. The method combines resampling with median-of-means estimates to ensure optimal subgaussian bounds for the sizes of the confidence intervals under mild, heavy-tailed moment conditions. The scheme is completely data-driven: the construction does not need any information about the moments, yet it manages to build exact confidence regions which shrink at the optimal rate.

Járványterjedés fertőzési rátájának becslése kétrétegű véletlen gráfokon

BACKHAUSZ ÁGNES, BOGNÁR EDIT, CSISZÁR VILLŐ,
TÁRKÁNYI DAMJÁN, ZEMPLÉNI ANDRÁS

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar,
Valószínűségelméleti és Statisztika Tanszék

A járványterjedés modellezésénél kulcsfontosságú paraméter a fertőzési ráta. Ennek becslésére több módszert is bemutatunk: a klasszikus maximum likelihood alapú megközelítés mellett két olyan módszert is vizsgálunk, melyek gépi tanulást használnak, az XGBoostot, illetve konvolúciós neurális hálókat. A jól ismert SIR járványmodellt kétrétegű hálózatokon szimuláljuk. A hálózat első rétege kis teljes részgráfokból áll, melyek a háztartásoknak felelnek meg, míg a második – kisebb élsúlyokkal rendelkező – réteg az egyéb kapcsolatokat (pl. munkahelyek) reprezentálja. Kutatásunkban ez a második réteg az első rétegtől független, és vagy skálafüggetlen, vagy a háztartások rétegéhez hasonlóan fix méretű klikkekből épül fel.

Az eredményeink azt mutatják, hogy az XGBoost módszer adja a fertőzési ráta legpontosabb becslését, ha csak az S (susceptible; fogékony) és I (infected; fertőzött) állapotú csúcsok számát ismerjük, míg a teljes információ birtokában (pl. SI élek száma, fertőzött csúcsok átlagos fokszáma) a klasszikus módszerek a legjobbak. A gráfok struktúrájából az átlagos fokszám tűnik a legfontosabbnak: a gépi tanulási módszerek nem működnek jól, ha csak más fokszámú gráfokból áll a tanulóhalmaz, mint a teszhalmaz.

Köszönetnyilvánítás: A kutatás az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal által kibocsátott ELTE TKP2021-NKTA-62 sz. támogatási okirat alapján valósult meg.

A Laplace-operátor becslése rendezetlen ponthalmazon

BALÁZS ISTVÁN

Szegedi Tudományegyetem, Bolyai Intézet

A Laplace-operátor négyzet- vagy kockarácson a másodrendű differenciák összegeként becsülhető, rendezetlen mérési pontok esetén azonban nem triviális a közelítése. Egy új képletet adunk erre, mely a vizsgált példákban az irodalomban találhatóaknál jobban illeszkedik a Laplace-operátor valódi értékére. Módszerünket EEG-adatokra alkalmazzuk, segítségével a korábbiaknál pontosabb közelítést kapunk az agyi elektromos potenciálra.

Room acoustic parameter estimation from bag-of-vectors representation with neural networks

BAKOS BENEC, HIDY GÁBOR, CSANÁDY BÁLINT, HUSZTY CSABA,
LUKÁCS ANDRÁS

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Matematikai Intézet,
Mesterséges Intelligencia Kutatócsoport

Our research uses deep learning for acoustic design, specifically acoustic parameter estimation in rooms. Acoustics is an often overlooked but rather important area of architecture. Research about applying machine learning, let alone deep learning in this field has only appeared sporadically. We use recurrent neural networks and lightweight transformer neural networks for a special ‘bag-of-vectors’ representation of rectangular rooms with diverse interior designs. The models can accurately predict the asked acoustic parameters with a near instant prediction time. To the best of our knowledge, our method gives the most

general deep learning based solution for such a problem and serves as a proof of concept for even more complicated cases. At the same time, our work demonstrates the wide applicability of the transformer architecture for non-sequential data even outside of the usual deep learning domains.

Funkcionális egysejt tomográfia: Az idegsejtek membránján folyó áramok tér-idő mintázatainak meghatározása sokcsatornás elektródarendszerek mérései alapján

**BOLDOG PÉTER^{1,7}, MESZÉNA DOMOKOS^{1,2,3*}, FURUGLYÁS KRISTÓF^{4,5},
WITTNER LUCIA^{2,3}, ULBERT ISTVÁN^{2,3,+}, SOMOGYVÁRI ZOLTÁN^{1,6,+}**

¹HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont, Részecske és Magfizikai Intézet, Komputációs Tudományok osztálya, Elméleti Idegtudomány és Komplex Rendszerek kutatócsoport

²HUN-REN Természettudományi Kutatóközpont, Kognitív Idegtudományi és Pszichológiai Intézet, Integratív Idegtudományi kutatócsoport

³Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Információs Technológiai és Bionikai Kar

⁴Neunos ZRt

⁵Eötvös Loránd Tudományegyetem, Fizika Doktori Iskola

⁶Axoncord Kft.

⁷Szegedi Tudományegyetem, Bolyai Intézet

*egyenlő hozzájárulás

⁺egyenlő hozzájárulás

Az idegsejtek élettana egyre jobban ismert, és működésük leírására is egyre részletesebb modellek állnak rendelkezésre. Olyan mérési technika azonban nem ismert, amely képes lenne mérni, hogy az idegsejtekre érkező, esetenként több tízezer bemenet milyen bemeneti tér-idő áram mintázatot hoz létre az idegsejteken, amely alapján az idegsejt ki-menete létrejön. E munkánkban megmutattuk, hogy sokcsatornás sejten kívüli elektróda rendszerek által rögzített elektromos potenciálok, és egycsatornás, a sejten belül rögzített membránpotenciál mérések egyesítésével az egyes membrán áram komponensek tér-időbeli eloszlása meghatározható. A megoldás első lépéseként, az idegsejt membránján megjelenő áramforrás sűrűséget határozzuk meg egy regularizált lineáris inverz számítással. Második lépésként a kábel egyenletet integráljuk numerikusan az idegsejt elágazó nyúlvány-rendszerén – a dendritfán, miközben a hiányzó integráló konstansokat pedig a sejten belüli elektróda mérései szolgáltatják. Ezt a kutatást támogatták a Magyar Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alap (NKFIH K113147, K135837, K137886, PD143582 és RRF_2.3.1_21_2022_00015) pályázatai, a Human Brain Project asszociált CANON pályázat (NN118902), a Magyar Nemzeti Agykutatási Program 2017-1.2.1-NKP-2017-00002 és 3.0,

valamint a FLAG-ERA 2021, VIPattract pályázat. A szerzők hálásak a Magyar Kutatási Hálózat (HUN-REN) SA-114/2021 pályázat támogatásáért.

A migrációs paraméterek érzékenységének vizsgálata

BÁNYAI GRÉTA LILLA¹, NASZLADY MÁRTON BESE¹, JUHÁSZ JÁNOS¹,
GARAY TAMÁS^{1,2}

¹Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Információs Technológiai és Bionikai Kar

²Semmelweis Egyetem, Belgyógyászati és Onkológiai Klinika, Onkológiai Profil

Bevezetés

Mikroszkópos videók készítése és elemzése széles körben használt módszer a sejtek migrációjának tanulmányozására, lehetővé téve a sejtek mozgékonyságának elemzését más tényezőktől, például a sejtosztódástól vagy inváziótól függetlenül. A követési adatok feldolgozása során számos migrációs paraméter számítására lehetőség van, amelyek mindegyike egyedi betekintést nyújt a sejtek viselkedésébe. Vizsgálataink során különböző migrációs paraméterek érzékenységét elemeztük manuális és fél-automata követési módszerekre, illetve értékeltük a kezelések hatására adott reakciójukat random mozgást szimulálva.

Módszerek

1287 felvételen követtük a sejtek migrációját a kezelést követő 24 órán keresztül, mind manuálisan, mind fél-automatikus (CellTracker) módszerrel. Az így kapott paramétereket összehasonlítottuk a követési módszerrel szemben mutatott érzékenységük értékelése céljából. Ezenkívül egyszerű random mozgás szimulációt végeztünk, lehetővé téve két változó, a migráció sebességének és irányának manipulációját. Ezen változók segítségével négy lehetséges kezelési hatást szimuláltunk és meghatároztuk, hogy milyen mértékű serkentés/gátlás esetén mutatkoznak szignifikáns különbségek az egyes paraméterekben.

Eredmények

A szimulációs eredmények azt mutatták, hogy az átlagos négyzetes elmozdulás (MSD) a legkevésbé érzékeny, jelentős kezelési hatás szükséges ahhoz, hogy érzékelhető különbségeket eredményezzen. Ezzel szemben a megtett út alapú paraméterek (teljes megtett út, sebesség, átlagsebesség) magasabb érzékenységet mutattak, kisebb sebességváltozás eredményezett szignifikáns változást a paraméterekben. A fél-automata és a kézi követési módszerrel meghatározott eredmények összehasonlítása az elmozdulás alapú paraméterek (MSD, elmozdulás, maximális elmozdulás) értékei közel azonosnak adódtak. Ugyanakkor a megtett út alapú paraméterek jelentős különbségeket mutattak, a fél-automata módszer eredménye közel kétszerese a kézzel értékelteknek, alátámasztva ezen paraméterek szimulációnál tapasztalt érzékenységét. Ez a különbség a fél-automata módszer alkalmazása során keletkező zajból (zsizzegésből) ered, amelyet csillapítani lehet a zaj kiszűrésével, közelebb hozva ezzel a kétféle követési módszerből származó mérési eredményeket.

Real-time estimation of the effective reproduction number of COVID-19 from behavioral data

BOKÁNYI ESZTER¹, VIZI ZSOLT^{2,3}, KOLTAI JÚLIA^{4,5}, RÖST GERGELY^{2,3},
KARSAI MÁRTON^{6,7}

¹Institute of Logic, Language and Computation, University of Amsterdam

²Szegedi Tudományegyetem, Bolyai Intézet

³Szegedi Tudományegyetem, Egészségbiztonság Nemzeti Laboratórium

⁴Társadalomtudományi Kutatóközpont, Egészségbiztonság Nemzeti Laboratórium

⁵Eötvös Loránd Tudományegyetem, Társadalomtudományi Kar

⁶Department of Network and Data Science, Central European University, Vienna

⁷HUN-REN Rényi Alfréd Matematikai Kutatóintézet,
Egészségbiztonság Nemzeti Laboratórium

Monitoring the effective reproduction number of a rapidly unfolding pandemic in real-time is key to successful mitigation and prevention strategies. However, existing methods based on case numbers, hospital admissions or fatalities suffer from multiple measurement biases and temporal lags due to high test positivity rates or delays in symptom development or administrative reporting. Alternative methods such as web search and social media tracking are less directly indicating epidemic prevalence over time. We instead record age-stratified anonymous contact matrices at a daily resolution using a longitudinal online-offline survey in Hungary during the first two waves of the COVID-19 pandemic. This approach is innovative, cheap, and provides information in near real-time for estimating at a daily resolution. Moreover, it allows to complement traditional surveillance systems by signaling periods when official monitoring infrastructures are unreliable due to observational biases.

Parameter estimation of long memory stochastic processes with deep neural networks

**CSANÁDY BÁLINT, BOROS DÁNIEL, IVKOVIC IVÁN, NAGY LÓRÁNT,
KOVÁCS DÁVID, TÓTH-LAKITS DALMA, MÁRKUS LÁSZLÓ,
LUKÁCS ANDRÁS**

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Matematikai Intézet,
Mesterséges Intelligencia Kutatócsoport

We present a purely deep neural network-based approach for estimating long memory parameters of time series models that incorporate the phenomenon of long-range dependence. Parameters, such as the Hurst exponent, are critical in characterizing the long-range dependence, roughness, and self-similarity of stochastic processes. The accurate and fast estimation of these parameters holds significant importance across various scientific disciplines, including finance, physics, and engineering. We harnessed efficient process generators to provide high-quality synthetic training data, enabling the training of scale-invariant 1D Convolutional Neural Networks (CNNs) and Long Short-Term Memory (LSTM) models. Our neural models outperform conventional statistical methods, even those augmented with neural network extensions. The precision, speed, consistency, and robustness of our estimators are demonstrated through experiments involving fractional Brownian motion (fBm), the Autoregressive Fractionally Integrated Moving Average (ARFIMA) process, and the fractional Ornstein-Uhlenbeck process (fOU).

LlamBERT: Large-scale low-cost data annotation in NLP

**CSANÁDY BÁLINT, MUZSAI LAJOS, VEDRES PÉTER, NÁDASDY ZOLTÁN,
LUKÁCS ANDRÁS**

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Matematikai Intézet,
Mesterséges Intelligencia Kutatócsoport

Large Language Models (LLMs), such as GPT-4 and Llama 2, show remarkable proficiency in a wide range of natural language processing (NLP) tasks. Despite their effectiveness, the high costs associated with their use pose a challenge. We present LlamBERT, a hybrid approach that leverages LLMs to annotate a small subset of large, unlabeled databases and uses the results for fine-tuning transformer encoders like BERT and RoBERTa. This strategy is evaluated on two diverse datasets: the IMDb review dataset and the UMLS Meta-Thesaurus. Our results indicate that the LlamBERT approach slightly compromises on accuracy while offering much greater cost-effectiveness.

Optimal control for maturity-structured systems

BORNALI DAS^{1,2}, BALÁZS ISTVÁN^{1,2}, GERGELY RÖST^{1,2}

¹Szegedi Tudományegyetem, Bolyai Intézet

²Szegedi Tudományegyetem, Egészségbiztonság Nemzeti Laboratórium

This study addresses an optimal control problem within a nonlinear compartmental model, featuring a combination of real-valued variables and maturity-structured components governed by transport equations with nonlinear boundary conditions. Demonstrating the optimality of the control, the Pontryagin minimum principle serves as a necessary condition for this new type of system of differential equations. This theoretical framework finds practical application through two specific problems: optimal control of stem cell for tissue engineering and optimizing treatment strategies for chronic *Chlamydia* infection.

Acknowledgments: This work was supported by the National Research, Development, and Innovation Fund grants FK 124016 (BD), and KKP 129877 (GR), moreover TKP2021-NVA (GR), and RRF-2.3.1-21-2022-00006 (BD).

Digitális időkésés hatása a Furuta-inga stabilitására

ENDRÉSZ BALÁZS, VIZI MÁTÉ, STÉPÁN GÁBOR

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépészmérnöki Kar,
Műszaki Mechanikai Tanszék

Mechanikai rendszerek digitális szabályozásának modellezése egy kihívást jelentő feladat, mivel a mintavételes rendszerek időkésése egy időfüggő tulajdonság. A kutatásunkban egy alulaktuált, nemlineáris mechanikai rendszer, a Furuta-inga instabil egyensúlyi pont körül történő stabilitásvizsgálata kerül bemutatásra. Elsőként a rendszert leíró matematikai modell kerül felírásra, amelyet a modell alapú szabályozáshoz szükséges paraméter identifikáció követ. Miután a modell rendelkezésre áll, meghatározható a szabályozó azon paraméter tartománya, amelyen belül a feladatot végre lehet hajtani. A stabilitást nemcsak a szabályozó paraméterei határozzák meg, hanem az időkésés is nagyban befolyásolja a kapott viselkedést. Végül valós kísérleteken keresztül kerülnek validálásra az elméleti úton meghatározott eredmények.

A family of random graph evolution models with moderate density

FAZEKAS ISTVÁN, FÓRIÁN LÁSZLÓ

Debreceni Egyetem, Informatikai Kar

Network theory is important both for real life applications and theoretical research. One can find several general facts on network theory in the book of Barabási [1]. An evolving network can be described by a random graph. The vertices of the graph are the nodes of the network and the edges of the graph are the connections among the nodes.

In this paper, we study a discrete time network evolution model. The evolution of the graph is based on constructions and deletions of k -cliques, where $k \geq 2$ is a fixed integer. A k -clique is a sub-graph containing k vertices and any two different vertices are connected by 1 edge. When we form a k -clique, then we draw $\binom{k}{2}$ new edges among k vertices, and we add this new clique to the list of k -cliques.

The initial graph at time $n = 0$ contains k vertices and no one edge. In the first step i.e. when the time is $n = 1$, we connect the k vertices to obtain a single k -clique. Then, in each step, we choose k vertices uniformly at random from the existing vertices. If they do not form a k -clique, then we construct a new k -clique on these vertices. In the other case, when the sub-graph consisting of the k vertices chosen is a k -clique, then that k -clique is deleted. Then a new vertex is added to the graph and two new k -cliques are created.

Using martingale theory, we prove almost sure limit theorem for the number of vertices, then we show its asymptotic normality. Then we obtain almost sure limit theorem for the degree of a fixed vertex.

Our results are extensions of the results of Móri and Backhausz [2]. We remark, that instead of uniform choice, one can use preferential attachment principle for certain sub-graphs, but then the asymptotic behaviour of the graph will be different, see e.g. [3].

[1] A.-L. BARABÁSI, *Network science*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2018.

[2] Á. BACKHAUSZ, T. F. MÓRI, A random graph of moderate density. *Electron. Commun. Probab.* **27**(2022), 1–12.

[3] I. FAZEKAS, Cs. NOSZÁLY, A. PERECSENYI, The N-star network evolution model, *J. Appl. Probab.* **56**(2019), No. 2, 416–440.

FAZEKAS PÉTER

Eötvös Loránd Tudományegyetem

Azzal foglalkozunk, hogy jobban megértsük a híres LLL (Lenstra, Lenstra, Lovász) és hasonló bázisredukciós algoritmusok geometriai hátterét. Ezen algoritmusok célja, hogy egy

adott rács egy olyan bázisát találják meg, amely vektorai közel vannak a merőlegeshez, azaz amelynek az úgynevezett ortogonalitási defektusa kellően kicsi.

Bemutatjuk egy rács ortogonalitási defektusának három hasznos alakját és megmutatjuk, hogy ez hogyan vezet el Kannan algoritmusához, amely pontos megoldást nyújt az SVP-re. Bevezetjük a Voronoi defektus fogalmát amely az ortogonalitási defektushoz hasonló, csak ez Kannan CVP-re nyújtott algoritmusának felel meg.

Bevezetjük a redukciós tartományok fogalmát és ennek segítségével bemutatjuk az LLL algoritmus egy kevésbé kutatott testvérét, amely minimális ortogonalitási defektusú bázist talál az első 4 dimenzióban. Ennek segítségével jobban megértjük az alacsony dimenziós esetet, és talán az LLL algoritmus működését is. Megvizsgáljuk ezen algoritmus futását magasabb dimenzióban, és az algoritmus iterációinak számára egy új felső korlátot adunk.

Klinikailag releváns szegmentációs metrika nyomában: a Medical Similarity Index (MSI) definíciója és implementációja

FAZEKAS SZUZINA

Semmelweis Egyetem

Bevezetés: A radiológia területén naponta egyre növekvő számú kép keletkezik. Az orvosi területen különböző szövetek és szervek szegmentálása kulcsfontosságú a diagnosztikában és a terápiában. Az arany standard a szakértő által végzett manuális szegmentáció, de napjainkban egyre több gépi tanuláson alapuló automatikus szegmentációs módszer létezik. Ennek következtében felmerült az igény az aktuális szegmentáció pontosságának értékelésére. Különböző széles körben használt terület alapú és távolság alapú metrikák léteznek, amelyeket a szegmentáció pontosságának értékelésére használnak. Ezen metrikák csak geometriai tulajdonságokat foglalnak magukba, és nem adaptálhatók különböző klinikai alkalmazásokhoz.

Célkitűzés: Célunk az volt, hogy definiáljunk és megvalósítsunk egy klinikailag releváns szegmentációs metrikát, amely lehetőséget nyújt különböző klinikai alkalmazásokhoz való adaptációra.

Módszerek: Egy referenciakontúrt használunk, amelyet az arany standard szegmentációnak tekintünk, és meghatározzuk a tesztkontúr egyezőségét a referenciakontúrral. Meghatározzuk a kétirányú helyi távolságot, és ennek a távolságnak megfelelően párosítjuk a tesztkontúr pontjait a referenciakontúr pontjaival. A teszt- és referencia középpont távolságával való korrigálás után kiszámítjuk az euklideszi távolságot a párosított pontok között, és pontszámot adunk minden referencia ponthoz. Az általános orvosi hasonlósági indexet úgy számoljuk, mint az összes tesztpont pontszámának átlagát.

Eredmények: Létrehoztunk egy képfeldolgozási keretrendszer Python programozási nyelven. A kód elérhető egy nyilvános GitHub repository-ban, és biztosítunk egy futtatható Google Colaboratory munkafüzetet is. Az algoritmus több szeletből álló képeket is kezel, egy szeleten több maszk is lehet. Létrehoztunk egy maszk vágási algoritmust, amely képes

elválasztani a konkáv maszkokat. 40 neurális hálózat által javasolt orvosi képmaszk értékelése alapján finomhangoltuk metrikánk tulajdonságait. Következtetés: Megvalósítottunk egy új szegmentációértékelési metrikát Kim és mtsai. ötlete alapján [1], és biztosítottunk egy keretrendszert, amely könnyen használható az orvosi kép szegmentáció klinikai relevanciájának automatikus mérésére.

Támogatások: A publikáció, illetve az annak keretében ismertett tudományos eredmény a Richter Gedeon Nyrt. által létrehozott Richter Gedeon Talentum Alapítvány (székhely: 1103 Budapest, Gyömrői út 19-21.) támogatásával, „Richter Gedeon kiválósági PhD Ösztöndíj” keretében készült.

[1] H. Kim, J. I. Monroe, I., S. Lo, M. Yao, P. M. Harari, M. Machtay, J. W. Sohn, Quantitative evaluation of image segmentation incorporating medical consideration functions, *Med. Phys.* 42(2015), No. 6, 3013—3023.

Mélytanulás módosított JoCoR modellekkel zajos címkék esetén

FÓRIÁN LÁSZLÓ, FAZEKAS ISTVÁN, BARTA ATTILA

Debreceni Egyetem, Informatikai Kar,
Alkalmazott Matematika és Valószínűségi számítás Tanszék

A mély neurális hálózatok az utóbbi években nagy pontosságot értek el képek osztályozására vonatkozó feladatokban. Ugyanakkor ezen modelleknek nagy mennyiségű tanuló adatra van szükségük helyes osztály-címkékkel ellátva. Ez viszont nem mindig elérhető, a rendelkezésre álló adathalmazokban gyakran fordulnak elő zajos, hibás címkék, ezért vált fontos kutatási területté a gépi tanulás zajos címkék mellett.

Munkánkban [1] egy nemrég megjelent módszer, a JoCoR [2] további javításának lehetőségeit vizsgáltuk ezen probléma kapcsán. Módosításokat végeztünk a tanulási folyamat több pontján, kiértékeljük ezeket a modelleket és levontuk következtetéseinket.

A JoCoR módszer alkalmazza a kicsi veszteségfüggvény-értékekkel rendelkező elemek kiválasztásának ötletét, illetve két neurális hálózat működik benne, amelyek között fokozatosan növeli az összhangot. Ez egy olyan hibafüggvény segítségével valósul meg, amely a két hálózat kimenetei (mint diszkrét valószínűségi eloszlások) közötti eltérést méri. Ennek regularizációs hatása is van, illetve fontos szerepe van a túltanulás, túlillesztés megelőzésében is. A JoCoR módszer konvolúciós hálózatokat (CNN) használ, de a háttérben lévő neurális háló kicserélhető más modellre is. Az összetett modell paraméterei az együttes veszteségfüggvény segítségével kerülnek meghatározásra, amely a két hálózat keresztentrópia-veszteségfüggvényeinek, illetve a regularizációs tagnak a súlyozott összege. Az utóbbi mennyiség egy szimmetrikus Kullback–Leibler eltérés (két KL tag összege: $D_{KL}(p||q) + D_{KL}(q||p)$ ahol p és q a softmax output-okból kapott két diszkrét eloszlás). Azokat a címkéket tekintjük helyesnek, amelyekhez tartozó együttes veszteségfüggvény-érték kicsi.

A JoCoR tekinthető egy speciális ensemble modellnek és természetes módon kiterjeszthető kettőnél több hálózatra is. Ez felveti a kérdést, hogy érdemes-e három hálózatra kiterjeszteni, amennyiben megvan hozzá a számítási kapacitás?

Egyik eredményünk az, hogy a fenti kérdése a válasz igen; mind a szimmetrikus, mind az aszimmetrikus zaj esetében sikerült javítást elérni három hálózattal és összesen hat Kullback–Leibler taggal (páronként a softmax outputokra) a CIFAR-10 és CIFAR-100 adathalmazokon. Hasonló eredményeket kaptunk három taggal is ($L_{con} = D_{KL}(p_1||p_2) + D_{KL}(p_2||p_3) + D_{KL}(p_3||p_1)$, ahol p_1, p_2, p_3 a softmax outputok.), de a tanítás során a hálózat fejlődése lassabb volt és a tesztadatokon elért pontosság nagyobb szórást mutatott. Vizsgálataink során a keresztentrópiát is teszteltük erre a célra. Ez valamelyest gyengébb pontossághoz vezetett, szintén nagyobb szórással. További módosításokkal is végeztünk vizsgálatokat (pl. háromnál több hálózat), melyeket poszterünkön szintén bemutatunk következtetéseinkkel együtt.

[1] I. FAZEKAS, L. FÓRIÁN, A. BARTA, Deep learning from noisy labels with some adjustments of a recent method, *Infocommunications J.* **15**(2023) (SI). pp. 9–12.

[2] H. WEI, L. FENG, X. CHEN, B. AN, Combating noisy labels by agreement: A joint training method with co-regularization, in: *2020 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pp. 13723–13732.

Sejtautomata alapú szimulátor élesztőtelepek növekedésének modellezésére

GAIZER BENCE, GAIZER TÜNDE, CSIKÁSZ-NAGY ATTILA, JUHÁSZ JÁNOS

Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Információs Technológiai és Bionikai Kar

A mikrobiológiai kutatások egyik legalapvetőbb módszere a sejttelepek agar lemezen való tenyésztése. A kísérletek során megfigyelhető a sejtek működése, környezeti tényezők hatása, különböző tápanyagok hasznosítása különböző törzseknél, valamint egyes baktérium- és gombatörzsek közti kölcsönhatások. Ezen kísérletek elvégzése idő- és eszközigényes, kutatásunk célja ezért egy olyan számítógépes szimulációs modell létrehozása, mely csökkentheti az elvégzendő kísérletek számát. A korábbi ágens alapú modellek hátránya, hogy a számítási igény a sejtek számának növelésével együtt növekszik. Jelen kutatásunk egy olyan sejtautomata alapú szimulációs környezet létrehozására irányul, mely képes különböző mikrobiológiai törzsek biológiai paramétereinek azonosítására, valamint környezeti és sejtközi hatások felderítésére.

A mathematical model for cancer dynamics with treatment and saboteur bacteria

GERETOVSZKY ANNA^{1,2}, RÖST GERGELY^{1,2,3}

¹HCEMM (Hungarian Centre of Excellence for Molecular Medicine)

²Szegedi Tudományegyetem, Bolyai Intézet

³Egészségbiztonság Nemzeti Laboratórium

We consider a mathematical model of cancer dynamics with chemotherapeutic treatment, in the presence of bacteria that are capable of metabolizing the chemotherapeutic drug, hence sabotaging the treatment. We investigate the possibility of complementing the cancer treatment with antibiotic drugs, thus eradicating the bacteria or at least mitigating their negative impact on the prospects of therapy. Our model is a system of four differential equations, for which we perform a complete analysis, explicitly characterizing the four possible outcomes, depending on whether the cancer cells or the bacteria extinct or persist. Global stability results are proven by the iterative application of a comparison principle. We apply our model to an experiment of colon cancer with the drug gemcitabine.

Acknowledgement: This research was supported by the ÚNKP-23-2 – New National Excellence Program of the Ministry for Culture and Innovation from the source of the National Research, Development and Innovation Fund.

A demencia vizsgálata agygráfok segítségével

GROLMUSZ VINCE, HEGEDŰS DÁNIEL, MÓRA MÁRTON BARNABÁS

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Matematikai Intézet

Poszterünk témája az Alzheimer-kór, melyet emberi agygráfok segítségével vizsgálunk: gráfelméleti tulajdonságokból vonunk le biológiai következtetéseket. Az agygráfok matematikai gráfok, amik csúcsainak a különböző agyterületek felelnek meg, míg éleik a köztük futó kapcsolatokat írják le. A gráfokban el van mentve az adott idegrostkötegek vastagsága és hossza is. Rendelkezésünkre áll több száz beteg és egészséges alany gráfja, amiket két fő stratégiával fogunk összehasonlítani. Egyrészt készíthetünk egy-egy átlagolt gráfot a beteg és egészséges emberekből, amit lényegében egy általános beteg vagy egészséges agyként kezelünk. Másrészt az alanyok gráfjai egyesével is vizsgálhatók, ezzel olyan feltételeket kapva, amivel tisztán az agygráf alapján megállapítható, hogy az alany beteg-e. Kiemelt figyelmet szentelünk azon agyterületeknek, amik az emlékezetért, mozgáskoordinációért és figyelemzavarért felelnek.

ImageNet pretraining for medical image segmentation: Enhancing efficiency via transferability metrics

HIDY GÁBOR, BAKOS BENCE, LUKÁCS ANDRÁS

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Matematikai Intézet,
Mesterséges Intelligencia Kutatócsoport

In medical image segmentation tasks, the scarcity of labeled training data poses a significant challenge when training deep neural networks. When using U-Net-style architectures, it is common practice to address this problem by pretraining the encoder part on a large general-purpose dataset like ImageNet. However, these methods are resource-intensive and do not guarantee improved performance on the downstream task. In this paper we investigate a variety of training setups on medical image segmentation datasets, using ImageNet-pretrained models. By examining over 300 combinations of models, datasets, and training methods, we find that shorter pretraining often leads to better results on the downstream task, proving that the accuracy of the model on ImageNet is a poor indicator for downstream performance. As our main contribution, we apply a contrastive transferability score between ImageNet and the downstream dataset to indicate when to stop pretraining. This reduces pretraining time and improves results on the target task.

Threshold dynamics in a periodic epidemic model with imperfect interventions

MAHMOUD A. IBRAHIM

¹Szegedi Tudományegyetem, Bolyai Intézet

²Szegedi Tudományegyetem, Egészségbiztonság Nemzeti Laboratórium

³Department of Mathematics, Faculty of Science, Mansoura University, Mansoura, Egypt

A non-autonomous mathematical model is presented to explore the complex dynamics of disease spread over time, incorporating a time-periodic transmission parameter and imperfections in quarantine, isolation and vaccination strategies. Through a detailed examination of threshold dynamics, it is revealed that the global dynamics of disease transmission are influenced by the basic reproduction number ($\mathcal{R}_0$), a critical threshold that determines extinction, persistence, and the presence of periodic solutions. It is shown that the disease-free equilibrium is globally asymptotically stable if $\mathcal{R}_0 < 1$, while the disease persists if $\mathcal{R}_0 > 1$. To support and validate our analytical results, the basic reproduction number and the dynamics of the disease are estimated by fitting monthly data from two Asian countries, namely Saudi Arabia and Pakistan. Furthermore, a sensitivity analysis of the

time-averaged reproduction number ($\langle \mathcal{R}_0 \rangle$) of the associated time-varying model showed a significant sensitivity to key parameters such as infection rates, quarantine rate, vaccine coverage rate, and recovery rates, supported by numerical simulations. These simulations validate theoretical findings and explore the impact of seasonal contact rate, imperfect quarantine, isolation, imperfect vaccination, and other parameters on the dynamics of measles transmission. The results show that increasing the rate of immunization, improving vaccine management, and raising public awareness can reduce the incidence of the epidemic. The study highlights the importance of understanding these patterns to prevent future periodic epidemics.

Acknowledgment: This research was completed in the National Laboratory for Health Security RRF-2.3.1-21-2022-00006. This research was completed in the National Laboratory for Health Security RRF-2.3.1-21-2022-00006. M.A.I. was supported by the Hungarian National Research, Development and Innovation office grant NKFIH PD_23 146210.

Malaria dynamics with bimodality of incubation period in hosts in a seasonal environment

MAHMOUD A. IBRAHIM^{1,2,3}, DÉNES ATTILA^{1,2}, RÖST GERGELY^{1,2}

¹Szegedi Tudományegyetem, Bolyai Intézet

²Szegedi Tudományegyetem, Egészségbiztonság Nemzeti Laboratórium

³Department of Mathematics, Faculty of Science, Mansoura University, Mansoura, Egypt

To describe the bimodal distribution of the incubation time of *P. vivax* malaria in Korea corresponding to empirical observations, we present a periodic compartmental model of delay differential equations for malaria transmission dynamics with two distinct exposed classes in the human population and including time-dependent parameters for mosquito birth and death rates as well as biting rates. The short-term incubation period is modeled by exponential distribution, while the long-term incubation is assumed to be of fixed length. We identify the basic reproduction number as the spectral radius of a linear operator and show that it is a threshold parameter for the global dynamics of the model. We apply the model to data from South Korea.

Acknowledgment: This research was completed in the National Laboratory for Health Security RRF-2.3.1-21-2022-00006. This research was completed in the National Laboratory for Health Security RRF-2.3.1-21-2022-00006. M.A.I. was supported by the Hungarian National Research, Development and Innovation office grant NKFIH PD_23 146210.

Hatékony teremakusztikai szimulációk

IZSÁK FERENC

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Alkalmazott Analízis és Számításmatematikai Tanszék

A vizsgált akusztikai jelenségek pontos modelljéhez realisztikus, frekvenciafüggő peremfeltétellel látjuk el a hangnyomásra vonatkozó hullámegyenletet. Ezek késleltetést is tartalmaznak. Az egyenletek térbeli diszkretizációjához speciális, tömegmátrix-összevonást lehetővé tevő véges elemeket használunk téglakon, illetve tetraédereken. A numerikus megoldás időlépését egy szimplektikus Runge–Kutta-módszer kiterjesztésével kapjuk. Egy autó belső terében történő szimulációhoz a Gmsh program generálja a tetraéder-felosztást, míg a teljes eljárásban Matlab- és Python-komponenseket is használunk.

A kutatási munkát az ENTEL Műszaki Fejlesztő Kft. támogatta. A fentiekkel kapcsolatos újabb kutatások a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal támogatásával a Tématerületi Kiválósági Program 2021 – Nemzeti Kiválósági Alprogram „Mesterséges intelligencia, nagy hálózatok, adatbiztonság: matematikai megalapozás és alkalmazások” elnevezésű pályázatának (NKTA-62) keretében valósultak meg.

Awareness paradox induced by network density, degree heterogeneity and disassortativity

KOLOK CSEGŐ BALÁZS^{1,2}, ÓDOR GERGELY³ KELIGER DÁNIEL^{1,4},
KARSAI MÁRTON^{1,3}

¹Egészségbiztonság Nemzeti Laboratórium, Rényi Alfréd Matematikai Intézet

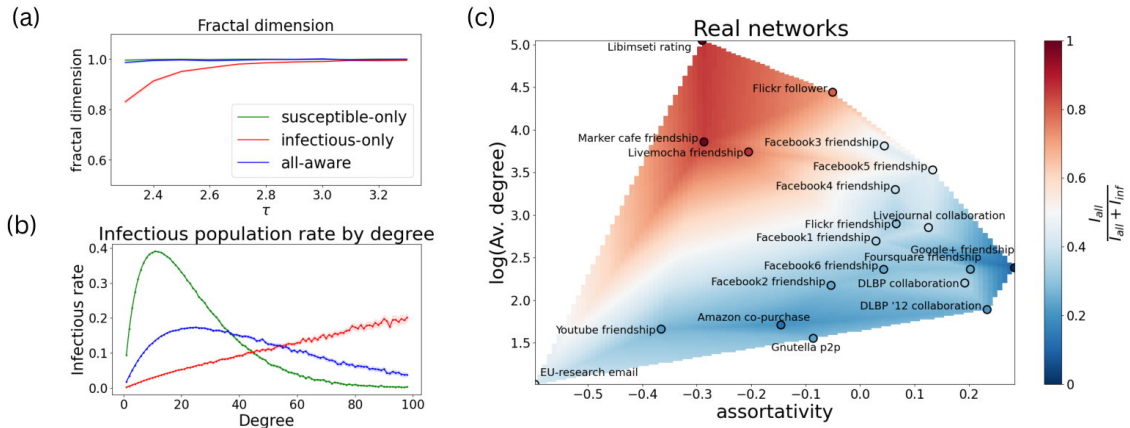
²Eötvös Loránd Tudományegyetem

³Department of Network and Data Science, Central European University, Bécs

⁴Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Matematika Intézet, Sztochasztika Tanszék

During an epidemic, individuals are likely to adopt certain behavioural changes aimed at avoiding the infection, depending on their awareness of prevalence of the disease. Previous research in awareness modelling on networks primarily focused on the effect of local or global awareness on the pandemic threshold [1]. Inspired by a recent questionnaire that confirmed the presence of awareness behavior during the COVID-19 Omicron wave in Hungary [2], we go beyond the state-of-the-art in two aspects: (i) to quantify the effect of awareness, we focus on the fractal dimension of the endemic state, which measures the asymptotic growth of the epidemic size as the function of the network size, (ii) we study different scenarios when the susceptible/infected/all nodes are the drivers the local awareness behavior.

More explicitly, we consider the SIS epidemic model on networks with local awareness, where the infection probability between an I and an S node decreases exponentially in the number of infected nodes in the neighborhood of the two nodes [1]. We distinguish between three types of awareness: (i) susceptible-only, where S nodes change behaviour based on their infected neighbourhood, (ii) infectious-only, where the I nodes adopt, and (iii) all-aware, where the both S and I nodes adopt based on the number of infected nodes in their neighborhoods. Our results (Figure 1(a)) on the configuration model with power-law degree distribution show that the fractal dimension is 1 (the infected population is linear in the population size) in all cases, except when $\tau < 3$ for the case of infectious-only awareness, where the fractal dimension appears smaller than 1 (the infected population is sublinear in the population size). This is a highly counter-intuitive result: even though less nodes are aware in the infectious-only case, the epidemic becomes smaller compared to the all-aware case. As a possible explanation, we show by simulations and mean-field analytic computations that in the infectious-only case, hubs are more likely to be infected (Figure 1(b)), creating an overall larger sense of awareness in the system compared to the susceptible-only and the all-aware cases. Further analysis reveals that the paradoxical scenario, where infectious-only awareness leads to a smaller epidemic size, persists in a variety of synthetic and real networks as well (Figure 1(c)). Besides the heterogeneous degree distribution, we identify two key network parameters that induce the paradox: high average degree and negative degree assortativity, providing a comprehensive understanding of the intricate interplay between awareness and network characteristics.



1. ábra. (a) The fractal dimension was computed by fitting the exponent d_f in the formula $I(n) \sim n^{d_f}$, where $I(n)$ is the size of meta-stable epidemics in SIS models on networks of size n . (b) Hubs are more likely to be infected in the infectious-only scenario. (c) The ratio of metastable epidemic sizes $\frac{I_{all}}{I_{inf} + I_{all}}$ (where I_{all} and I_{inf} denote the all-aware and the infectious-only epidemic sizes, respectively) as a function of the mean degree and assortativity in real networks. The paradox occurs if the ratio exceeds 0.5 (red). The continuous surface is fitted on the data points via linear interpolation.

[1] Q. WU, X. FU, M. SMALL, X.-J. XU, The impact of awareness on epidemic spreading in networks, *Chaos* **22**(2012), No. 1, 013101.

[2] M. KARSAI, J. KOLTAI, O. VASARHELYI, G. RÖST, Hungary in mask/MASZK in Hungary, *Corvinus J. Sociol. Soc. Policy* **11**(2020), 139–146.

Sensitivity analysis of contact-related interventions for modeling epidemics

EVANS KIPTOO KORIR¹, PÉTER BOLDOG^{1,3}, ZSOLT VIZI^{1,2}

¹Szegedi Tudományegyetem, Bolyai Intézet

²Szegedi Tudományegyetem, Bolyai Intézet, Egészségbiztonság Nemzeti Laboratórium

³HUN-REN WIGNER Fizikai Kutatóközpont, Komputációs Tudományok Osztálya

Mathematical models used to understand the spread patterns of infectious diseases such as influenza and coronavirus disease 2019 (COVID-19) are very complex. The transmission component of the models can be modeled in an age-dependent manner by introducing a population contact matrix that describes the contact rates between age groups. In epidemic modelling, subtle changes in parameters affect disease dynamics such as the baseline reproduction number and the structure of the epidemic curve. This problem can be studied through a sensitivity analysis approach to express the impact of a change in the mixing pattern, which could lead to planning an optimal NPI intervention strategy. In this poster, we examine the sensitivity of contact matrix elements estimated in [1] to gain insight into the impact of changing social contact structure based on Latin Hypercube Sampling (LHS). The Partial Rank Correlation Coefficient (PRCC) method uses these sampled contacts to find out which elements are important to the model. We also investigate an approach to aggregate the PRCC values to obtain pairwise sensitivity analysis results. The application of the methodology is illustrated by analyzing a COVID-19 model from [2], and the results could support the decision makers during a pandemic.

Keywords: Sensitivity analysis, age-dependent epidemic model, social contact matrix, Latin hypercube sampling (LHS), Partial rank correlation coefficient (PRCC).

Acknowledgments: The authors thank the National Laboratory for Health Security Program RRF-2.3.1-21-2022-00006 for support.

[1] K. PREM, K. V. ZANDVOORT, P. KLEPAC, R. M. EGGO, N. G. DAVIES, CENTRE FOR THE MATHEMATICAL MODELLING OF INFECTIOUS DISEASES COVID-19 WORKING GROUP, A. R. COOK, M. JIT, Projecting contact matrices in 177 geographical regions: an update and comparison with empirical data for the COVID-19 era, *PLoS Comput. Biol.* **17**(2021), e1009098.

[2] G. RÖST, F. A. BARTHA, N. BOGYA, P. BOLDOG, A. DÉNES, T. FERENCI, K. J. HORVÁTH, A. JUHÁSZ, C. NAGY, T. TEKELI, Z. VIZI, B. OROSZI, Early phase of the COVID-19 outbreak in Hungary and post-lockdown scenarios, *Viruses* **12**(2020), 708.

EMSA: GPU-ra optimalizált keretrendszer járványmodellek érzékenységvizsgálatára

KOVÁCS KOLOS, VIZI ZSOLT

Szegedi Tudományegyetem, Bolyai Intézet

A járványok elleni védekezés egyik leghatékonyabb és egyben legkevésbé költséges módja a matematikai módszerekkel történő intervenció tervezés és scenárió elemzés. A modelleink megbízhatóságát többek között érzékenységvizsgálattal lehet megállapítani. Mivel ezen modellek rendkívül komplexek lehetnek, érzékenységvizsgálatukhoz gyakran tízezres nagyságrendben kell szimulációkat futtatni különböző paraméter konfigurációk esetén, így azok újabb implementációs stratégiákat követelnek meg.

A fejlesztés célja egy olyan Python keretrendszer elkészítése, amely megkönnyíti a járványmodellek implementációját, és gyors kiértékelést biztosít az érzékenység vizsgálatukhoz. Ehhez egy új módon reprezentáljuk a kompartmentális determinisztikus járványmodelleket meghatározó differenciálegyenlet-rendszereket, mellyel lehetséges a modellek párhuzamos kiértékelése akár a GPU-n a *PyTorch* alapú *torchode* Python könyvtár használatával.

Kulcsszavak: Epidemiológiai modellezés, szenzitivitásanalízis, matematikai módszerek, Python, párhuzamos számítás

Transformer-based log anomaly detection with cross-dataset generalization

MUZSAI LAJOS, LUKÁCS ANDRÁS

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Matematikai Intézet,
Mesterséges Intelligencia Kutatócsoport

A novel method with a strong generalization ability for detecting anomalies in log data is presented, which enables the detection of anomalies even in log types that were not seen during training. To achieve this, a transformer-based encoder is trained in a self-supervised manner on a large volume of multiple log data sets simultaneously.

Using the representation generated by the encoder as a fundamental model, the detector part of the method is trained in a supervised manner on one or more data sets, where training with more data sets leads to better results. Furthermore, when trained with multiple data sets, the method can also generalize to a log data set that was not included in the training. The study employs two encoder models which differ in the tokenization of digits. Together, these models can achieve results that are at least as good as, or better than, those of the state-of-the-art solutions on the most important log data benchmarks. Our results are supported by numerous measurements, for which we make the codes available.

Global dynamics of a within-host model for Usutu virus

IBRAHIM NALI, DÉNES ATTILA

Szegedi Tudományegyetem, Bolyai Intézet

We propose a within-host mathematical model for the dynamics of Usutu virus infection, incorporating Crowley–Martin functional response. The basic reproduction number $\mathfrak{R}_0$ is found by applying the next-generation matrix approach. Depending on this threshold, parameter, global asymptotic stability of one of the two possible equilibria is also established via constructing appropriate Lyapunov functions and using LaSalle’s invariance principle. We present numerical simulations to illustrate the results and a sensitivity analysis of $\mathfrak{R}_0$ was also completed. Finally, we fit the model to actual data on Usutu virus titers. Our study provides new insights into the dynamics of Usutu virus infection.

Microsecond scale 3D real time motion correction for in-vivo brain imaging

ÓCSAI KATALIN^{1,2}, PAUL L. C. FEYEN^{5,6,7}, JOCHEN HERMS^{5,6,7},
RÓZSA BALÁZS^{2,3,4}

¹Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Matematika Intézet, Algebra és Geometria Tanszék

²BrainVisionCenter Kutatóintézet és Kompetenciaközpont

³Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Információs Technológiai és Bionikai Kar

⁴HUN-REN Kísérleti Orvostudományi Kutatóintézet,
Neuronhálózat és Dendritikus Aktivitás Kutatócsoport

⁵German Center for Neurodegenerative Diseases (DZNE) e.V., Site Munich, Munich

⁶Center for Neuropathology and Prion Research, University Hospital Munich,
Ludwig-Maximilians- University, Munich

⁷Munich Cluster of Systems Neurology (SyNergy),
Ludwig-Maximilians-University, Munich

In-vivo imaging of the central nervous system is inherently hampered by the motion of behaving animals, particularly when using voltage sensitive dyes where the signal is acquired from small regions of interest to get maximal temporal resolution. Here we present an FPGA-based acousto-optical scanning solution for 3D online motion correction for signal extraction with a high temporal resolution of 100 kHz within a volume of $900 \times 900 \times 400$ μm up to 0-100 Hz of motion with a residual motion under 1 μm at a sufficient signal-to-noise ratio. The timescale of the intervention loop is shorter than 500 μs . The correction

can be applied on somatic and dendritic measurements, including volumetric imaging. The mathematical algorithm had to be optimized for the very low amount of memory in the FPGA.

The closed-loop online motion compensation has been validated with recordings in the cortex of awake mice, via 3kHz voltage imaging of Parvalbumin neurons using the Jedi2P sensor, and acquisition of 4D datasets (3 space + time) in collaboration with the *German Center for Neurodegenerative Diseases*. The project has won a Hungarian Innovation Award in March 2024.

AI-based applications in two-photon microscopy and Stimulated Raman Spectroscopy

ÓCSAI KATALIN^{1,4}, ORBÁN GERGŐ³, RÓZSA BALÁZS^{2,4,5}

¹Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Matematika Intézet, Algebra és Geometria Tanszék

²HUN-REN Kísérleti Orvostudományi Kutatóintézet,
Neuronhálózat és Dendritikus Aktivitás Kutatócsoport

³HUN-REN Wigner Fizikai Kutatóközpont,
Komputációs Rendszerszintű Idegtudomány Kutatócsoport

⁴BrainVisionCenter Kutatóintézet és Kompetenciaközpont

⁵Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Információs Technológiai és Bionikai Kar

Artificial Intelligence is transforming, facilitating and accelerating the measurement process in many areas of neuroscience, including microscopy. In this poster, we present two methods.

The first one is a deep learning based computer vision application that automates two-photon measurements of retinal samples with the goal of becoming a basic research tool for human vision restoration. The algorithm automatically locates the sample in the Petri dish and then automatically focuses on the appropriate layer (ganglions, pigments). This allows the fully automated measurement of thousands of retinal samples under the microscope without human interaction. The second is a so-called Stimulated Raman Spectroscopy modality used in brain research. This allows the real-time discrimination of pyramidal and interneuron cells during measurement without labelling, reaching a 97% discrimination accuracy. This means that no prior transgene or injected dye is required at this step of functional imaging of the brain. This project formed a part of the NEURAM EU grant.

Evolution into chaos – implications of the trade-off between transmissibility and immune evasion

GOLSA SAYYAR¹, GARAB ÁBEL¹, RÖST GERGELY^{1,2}

¹Szegedi Tudományegyetem, Bolyai Intézet

²Egészségbiztonság Nemzeti Laboratórium, Szegedi Tudományegyetem

The prediction of viral evolution poses a substantial challenge and represents a paramount public health imperative. In response to this challenge, we develop a novel model for viral evolution that integrates considerations of the trade-off between immune evasion and transmissibility. Our findings demonstrate that when the pathogen exhibits high transmissibility, evolution tends to favor immune evasion, whereas lower transmissibility favors heightened transmission rates. Moreover, we illustrate the long-term evolutionary patterns following the emergence of new strains with maximum invasion fitness, modeled by a difference equation. We provide sufficient criteria for when evolution converges, and subsequent strains exhibit similar transmissibility. Furthermore, we identify scenarios characterized by a two-periodic pattern in subsequent strains, indicating a sequence wherein a highly transmissible strain is succeeded by a less immune-evasive strain, and vice versa. This cyclic pattern recurs iteratively. Finally, we show that under certain conditions, viral evolution becomes chaotic and unpredictable in the long run. Visualization through bifurcation diagrams illustrates our analytical findings, elucidating rich dynamic behavior encompassing the existence of various periodic solutions, extending to chaotic behavior. This comprehensive analysis provides valuable insights into the complexities of viral evolution in the light of the trade-off between immune evasion and transmissibility.

Funded by the European Union’s Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No. 955708, EvoGamesPlus.

Mérési hiba és az entrópia fogalma a survey statisztikában

SZEITL BLANKA^{1,2}, RUDAS TAMÁS²

¹Szegedi Tudományegyetem, Bolyai Intézet

²Eötvös Loránd Tudományegyetem, Társadalomtudományi Kar, Statisztika Tanszék

A survey statisztika lakossági kérdőíves (survey) adatgyűjtésekkel foglalkozik, ami a véges populációból vett minták egy speciális esete. Ekkor a kiválasztott egyedek személyek, akik viselkedésükkel, és egyéni preferenciáikkal torzításokat eredményeznek a mintából számolt becslések esetében. A survey adatgyűjtések célja a lakosság véleményének, viselkedésének feltérképezése, melyeket elsősorban a gazdasági és közpolitikai döntéshozatal

során használnak fel. A becslések eredményei közvetlenül csak korlátozott mértékben ellenőrizhetők, mert a vizsgált valódi populációs érték csak nagyon ritkán válik elérhetővé. Munkánk a survey becslések mérési hibájával kapcsolatban egy új szemléletmódot mutat be: a megismételt mérések (replication surveys) keretrendszerét. Az új szemléletmód leginkább abban különbözik a tradicionális szemlélettől, hogy egy survey minőségét úgy ítéli meg, hogy mennyiben kapnánk azonos eredményt akkor, ha az adatgyűjtést megismételnénk. Az új szemléletmód abból indul ki, hogy habár a valódi populációs érték létezik, az survey módszerekkel nem mérhető, mert minden mérés hibával méri a valódi populációs értéket. A megismételt survey-ek struktúráját elsőként elméletben ismertetjük és bevezetjük az arra vonatkozó tételt, hogy egy survey ismétlése esetén az eltérés felbontható egy mintakompozícióból (nonresponse uncertainty) és egy válaszadási bizonytalanságból (measurement uncertainty) eredő részre. A tételek diszkrét és folytonos változók esetére is mutatnak be releváns eredményeket: folytonos változók esetére az átlag és a korrelációs együttható dekompozíciójára vonatkozó tételek, míg diszkrét változók esetében egy változó i -edik kategóriájának relatív gyakoriságára és a χ^2 -próbastatisztika dekompozíciójára vonatkozó tételek szerepelnek. Az elemzés első eredménye az, hogy az adatgyűjtések ismétlése esetén a mérési pontatlanságból származó hiba sokkal erősebb hatást gyakorol a becslés pontatlanságára mint a mintakompozícióra vonatkozó problémák. Eredményeink második része arra vonatkozik, hogy hogyan modellezhető a mérési pontatlanság hatása a becslésre. Ez esetében X és Y változók korrelációs együtthatójának becslését modellezzük úgy, hogy i ismételt survey adatgyűjtést feltételezünk. Két különböző modell eredményeit is ismertetjük, melyek alapján megállapítható, hogy a survey adatgyűjtések mérési hibája bemutatható az entrópia fogalmával is.

Az SPS (Sign-Perturbed Sums) véges-mintás rendszer identifikációs módszer mintahatékonyasága

SZENTPÉTERI SZABOLCS, CSÁJI BALÁZS CSANÁD

¹HUN-REN SZTAKI,

²Eötvös Loránd Tudományegyetem, Matematikai Intézet,
Valószínűségelméleti és Statisztika Tanszék

A rendszer identifikáció fő célja dinamikus rendszerek matematikai modellezése adatvezérelt megközelítéssel. A probléma a gépi tanulás és a matematikai statisztika szempontjából is kiemelten fontos. Az említett kutatási területek klasszikus eredményei főként aszimptotikus tulajdonságokra és garanciákra fókuszálnak (pl., konzisztencia, határeloszlás), azonban az utóbbi években jelentős hangsúly került a nem-aszimptotikus megközelítésekre. A Sign-Perturbed Sums (SPS) egy adat-perturbáción alapuló rendszer identifikációs algoritmus, mellyel egzakt, nem-aszimptotikus, eloszlás-független konfidencia régiók konstruálhatók az "igaz" rendszer paraméter körül. Ebben a poszterben az SPS mintahatékonyaságát vizsgáljuk skalár, valamint általános lineáris regressziós problémák esetén. Eredményeink az SPS által létrehozott konfidencia régiók méreteire adnak nagy valószínűségű korlátokat,

valamint bizonyítják, hogy a régiók mérete optimális rátával csökken, hasonlóan a határeloszláson alapuló klasszikus konfidencia ellipszoidokéhoz. Az elméleti garanciák mellett szimulációs példák is demonstráljuk az eredményeket: szemléltetjük az elméleti és a tapasztalati méretkorlátok különbségét.

Evolúciósan stabil kifizetésmátrix

VARGA TAMÁS¹, GARAY JÓZSEF², KIRÁLY BALÁZS³, SZABÓ GYÖRGY^{2,3}

¹Szegedi Tudományegyetem, Bolyai Intézet

²HUN-REN Ökológiai Kutatóközpont, Evolúciótudományi Intézet

³HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont,
Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet

A klasszikus evolúciós mátrixjátékok egy lehetséges matematikai eszközt szolgáltatnak a viselkedés evolúciójának modellezésére. Ezt a megközelítést szeretnénk kiterjeszteni egy olyan modellé, amelyben a természetes szelekció hatására nem csak a játékosok (viselkedésbeli) stratégiája, hanem az interakciót leíró kifizetés mátrix is evolválódhat.

Maynard Smith és Price [1] klasszikus sólyom–galamb játékból kiindulva bevezetésre kerül egy olyan fenotipikus jelleg, ami számszerűsíti a harci képességet és meghatározza a győzelem valószínűségét valamint a vereség költségét egy sólyom–sólyom interakcióban. Bevezetjük az evolúciósan stabil fenotípus fogalmát, ami egy (klasszikus) evolúciósan stabil stratégiát és egy evolúciósan stabil jelleget foglal magába, továbbá az utóbbin keresztül meghatároz egy evolúciósan stabil kifizetés mátrixot.

Feltételezve, hogy a harci képesség jóval lassabban evolválódik, mint a viselkedésbeli stratégia, azt találjuk, hogy tényleges verekedések maximális lehetséges költsége állandó marad annak ellenére, hogy az evolúciósan stabil fenotípus maximalizálja a sólyom–sólyom interakciók kifizetését. Ez jól tükrözi a darwini evolúció kettős természetét, miszerint az evolúciós siker a természetes szelekció terméke.

A poszter Király Balázssal, Szabó Györggyel és Garay Józseffel végzett közös kutatáson alapul.

Varga Tamás munkáját a TKP2021-NVA-09 sorszámú pályázat támogatta. Project no. TKP2021-NVA-09 has been implemented with the support provided by the Ministry of Innovation and Technology of Hungary from the National Research, Development and Innovation Fund, financed under the TKP2021-NVA funding scheme.

[1] J. MAYNARD SMITH, G. R. PRICE, The Logic of Animal Conflict. *Nature*, 1973;246:15–18.

An anonymization protocol based on the Chaum–van Heijst–Pfitzmann hash function

ZENTAI DÁNIEL, ROBIN FROT

xtendr

Let p be a prime number such that $q = \frac{p-1}{2}$ is also a prime number, and let a and b be primitive elements of the multiplicative group of $GF(p)$. Let $h : GF(q) \times GF(q) \rightarrow GF(p) \setminus \{0\}$ be the following function:

$$h(x, y) = a^x \cdot b^y \mod p$$

The hash function h defined above is collision-resistant if the discrete logarithm problem is hard [1]. In this poster, we present a secure anonymization protocol [3] based on the hash function above. In this context – according to the General Data Protection Regulation (GDPR [2]) – anonymized data cannot be retrieved under any circumstances, implying that encryption cannot be used for anonymization.

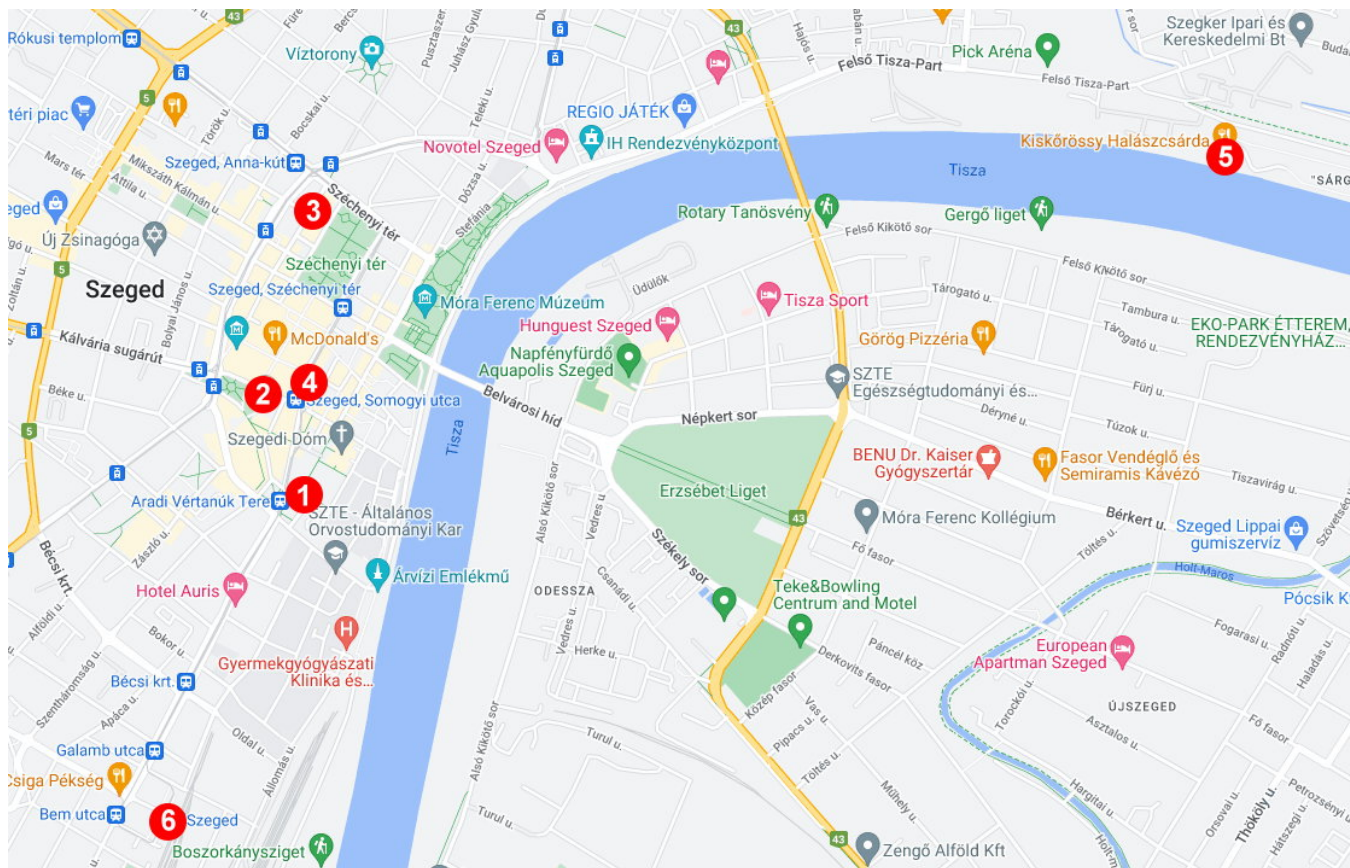
Formally let $P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$ be the set of the participants in the protocol and suppose that participant P_i knows a secret value x_i for all i . Also, suppose that exactly one participant (the data owner) knows a message m . During the run of the anonymization protocol $k \leq n$ participants calculate the hash value $y = H(m, x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_k})$ of the message m collaboratively such that:

1. H is a one-way function.
2. Participants in $P \setminus \{P_i\}$ gain no information about x_i .
3. Participants other than the data owner gain no information about m .
4. The hash value $y = H(m, x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_k})$ remains the same regardless of which k -element subset of the participants take part in the protocol.

[1] D. CHAUM, E. VAN HEIJST, B. PFITZMANN, Cryptographically strong undeniable signatures, unconditionally secure for the signer, in: *Advances in Cryptology-CRYPTO '91*, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 576, Springer-Verlag, 1992, pp. 470–484.

[2] Regulation (EU) 2016/679 of the European Parliament and of the Council of 27 April 2016 on the protection of natural persons with regard to the processing of personal data and on the free movement of such data, and repealing Directive 95/46/EC (General Data Protection Regulation). OJ L 119/1 (2016).

[3] D. ZENTAI, M. PLESA, R. FROT, A multiparty commutative hashing protocol based on the discrete logarithm problem, *Computer Science & Information Technology* **13**(2023), No. 21.



- | | | |
|---------------------|----------------------------|--------------------|
| 1. Bolyai Intézet | 2. Rector's Office | 3. City Hall |
| 4. Hagia Restaurant | 5. Kiskőrössi Halászcserje | 6. Railway Station |