

# “Szavazási problémák elosztási kérdései”

## Záróbeszámoló

A fenti címmel elkezdett projektet egy év hosszabbítással, összesen 5 év alatt teljesítettük. A kérdéses időszak alatt 12 impakt faktoros cikk (kumulatív IF: 46,843), 9 egyéb folyóiratcikk, egy PhD disszertáció, két könyvfejezet és több műhelytanulmány és kéziratot publikáltunk. Az alábbiakban részletezzük az elért eredményeket. A beszámoló struktúrája követi az eredeti kutatási tervét, s így a főbb kutatási irányok mentén mutatjuk be az eredményeket.

## Körzetkiosztás

A diszkrét elosztási problémákat legismertebb alkalmazási területükről körzetkiosztási problémának nevezzük. A körzetkiosztás az arányos képviselői demokráciákban felmerülő feladat. Vegyünk egy egyszerű példát! Az ország két régióra oszlik (Dunáninnen és Dunántúl) és a választási törvény szerint a két régiót összesen 4 választási körzetre osztják. Rögtön megjegyezzük, hogy a tényleges körzetek kialakítása egy külön, nehéz feladat, itt csak arra keresünk választ, hogy a két területen hány körzetet kell majd kialakítani. Ha a népesség nagyjából egyenlő mértékben oszlik meg a két régió között, akkor az elosztás egyszerű: 2-2 körzet 2-2 képviselőt választ. Szintén könnyű dolgunk van, ha a lakosság aránya 3:1 vagy 1:3, hiszen akkor is könnyű a kiosztás. Ha azonban az arány 1:2, akkor már nem egyértelmű, hogy a 2-2-es, vagy az 1-3-as kiosztást válasszuk. Húsz megyénél, több tucat kiosztandó körzettel pedig a lehetősége felírása is komoly feladat. A körzetkiosztás módszertana bő két évszázada fejlődik és az évek során féltucat jó és jobb módszer került bevezetésre. Ehhez képest meglepő, hogy a Velencei Bizottság egy olyan körzetkiosztási ajánlást fogalmazott meg 2002-ben, ami nem összeegyeztethető egyik ismert eljárással sem. Ezt a problémát egy új algoritmus, a Leximin módszer bevezetésével sikerült orvosolnunk, ami egy általában egyértelmű körzetkiosztást ad, mely teljesíti a Velencei Bizottság ajánlásait.

Első részprojektünk a körzetkiosztási módszerek, köztük a Leximin módszer vizsgálatával foglalkozik.

*Bounds on Malapportionment* című cikkünkben azt vizsgáltuk, hogy mennyire térhet el az arányostól a képviselő mértéke és explicit korlátokat adtunk a legnagyobb lehetséges eltérésre. A korlátok megértése annál is inkább fontos, hiszen a Velencei Bizottság ajánlása és a magyar Választási Tv. is konkrét eltérési korlátokat határoz meg. Ezek a korlátok azonban bizonyos körzetkiosztási problémák esetén a legjobb szándékkal sem teljesíthetők, másrészt viszont az eredményeink tükrében meghatározható az a legkisebb parlament, mely mellett a korlátok biztosan nem sérülnek.

*Apportionment methods in resource allocation* című kéziratunk a körzetkiosztási módszerek új területen való alkalmazását mutatja be. Egy hazai, megyei hálózattal rendelkező intézmény megyék közötti humán erőforrás-elosztását vizsgáltuk, ennek optimalizálására javasoltunk algoritmust. A projekt során többször egyeztettünk az intézmény vezetőivel és munkatársaival, aminek eredményeképpen sikerült a vizsgált munkakörben dolgozók tevékenységét sztenderdizálni, a különböző résztvékenységeket az érdekeltekkel egyeztetett képlettel egységesíteni. Miután minden kirendeltség terheltsége kifejezhető egyetlen skalárral – aminek egyébként nem feltétlenül kell egész vagy akár racionális számnak lennie –, az ilyen követelések alapján már elvégezhető a rendelkezésre álló diszkrét erőforrás – jelen esetben

a dolgozói státuszok fair allokációja. Az optimalizáció előtt a megyei kirendeltségek DEA (data-envelopment analysis) módszerrel vizsgált relatív hatékonysága erősen szórt, míg az optimalizált hálózatra közel egyenletes. A tanulmány elkészült, jelenleg a folyóirat-publikálást készítjük elő.

A probléma felvetett pár érdekes elméleti kérdést is, amelyeket végül egy külön, *Divisor Methods as Lexicographic Optimizers* című elméleti tanulmányban vizsgáltunk meg. A már említett optimalizáció során arra törekedtünk, hogy a dolgozók terheltségét minimalizáljuk egy lexikografikus optimalizációval. A módszert a leximin körzetkiosztási módszer inspirálta, de a körzetkiosztási problémával szemben itt nem probléma ha egy dolgozó alulterhelt – ha például a létszám csökkentése a teljes hálózat (lexikografikusan) maximális terheltségét eredményezné. Látszólag egy teljesen más szemléletű, célú algoritmusról van szó, így igencsak meglepődtünk, mikor igazoltuk, hogy a kiosztás történetesen egybeesik egy közismert körzetkiosztási algoritmussal, az úgynevezett Adams módszerrel. A tanulmány jelenleg átdolgozás alatt áll köszönhetően több új sejtésnek, melyek bizonyítása még némi munkát igényel.

A projekt elején egy grandiózus tervvel indultunk, hogy összegyűjtjük az ismert körzetkiosztási módszereket és ezek hagyományosabb és egzotikusabb variánsait, illetve a gyakorlatban használt ad-hoc körzetkiosztásokat és ezeket valamilyen rendszerben próbáljuk elhelyezni. Már önmagában a gyűjtemény is egy érdekes hozzájárulás, azonban két konkrét célt is megfogalmaztunk. Egyrészt a legtöbb ad-hoc módszer illeszkedik valamelyik algoritmushoz és így ajánlhatjuk az algoritmust az ad hoc kiosztás helyett. Miért? Egy demokráciában sosem szerencsés, ha egy választás eredménye függhet – a jelöltek - ad hoc döntéseitől, míg egy algoritmus hosszú távon, további beavatkozás nélkül rögzítheti az eljárást. Másrészt azt már tudjuk, hogy nincsenek tökéletes körzetkiosztási módszerek, hiszen egy ismert tétel szerint a három klasszikus tulajdonság közül egyszerre legfeljebb kettő teljesíthető, nem mindegy, hogy egy tulajdonság milyen gyakran és milyen mértékben sérül. Ennek vizsgálatát ideálisan valós adatokon kellene elvégezni, viszont ehhez statisztikai mennyiségű adatot kell gyűjteni. Bár a pár ezres mennyiségig eljutottunk, most arra törekszünk, hogy a meglévő adatokból további „szintetikus” adatokat tudjunk generálni. Egy kisebb mintán már kipróbáltuk az eljárást, de a tudományos igényű vizsgálathoz még szeretnénk bővíteni az eredeti adatbázist. Miért nem generálunk egyszerűen random adatokat? Mert „szabad szemmel” is megfigyelhetők bizonyos jellegzetességek, mint például a megyék közti nagy méretbeli különbségek, melyek jelentős mértékben befolyásolják az egyes módszerek hatékonyságát és így a véletlenszerű és a valós/szintetikus adatok alapvetően eltérő eredményeket adnak.

## Bajnokságok

Eddig az elosztások nagyon speciális esetéről szóltunk, ahol az elosztás tárgy diszkrét. Egy bajnokság ennek a még szélsőségesebb esete, ahol egyetlen egy erőforrást – díjat – kell kiosztanunk.

A „Hogyan tehető igazságosabbá a labdarúgó mérkőzéseket követő büntetőpárbaj?” „Fairness in penalty shootouts: Is it worth using dynamic sequences?” című cikkek azt tárgyalják, hogyan tehető igazságosabbá a labdarúgó mérkőzéseket követő büntetőpárbaj. A büntetőpárbaj a labdarúgó mérkőzések egyik legizgalmasabb és gyakran döntő szakasza, azonban sokan kifogásolják a jelenlegi rendszert, mivel egyetlen rúgás eredményének kiszámítására alapozza a végső eredményt. Két megoldást javasoltunk. Az első a "résztes pont" rendszer bevezetése lenne. Ez azt jelentené, hogy a csapatok a büntetőpárbaj során a gólon kívül más pozitív eredményeket is elérhetnének. Például, ha egy labdát a kapufák között helyeznek el vagy a kaput csak centikkel hagyják el, a csapat résztes pontot kapna. A második javasolt megoldás az úgynevezett "tökéletesített párhuzamos büntetőpárbaj" bevezetése lenne. A jelenlegi rendszerben mindkét csapat ugyanazon sorrendben rúgja a büntetőket, de ez

előnyt adhat az első rúgót követő csapatnak, mivel azok pontosan tudják, mire kell lőni a győzelem érdekében. A tökéletesített párhuzamos büntetőpárbaj azt jelentené, hogy az első három büntetőpárbajt követően a csapatok szabad választással rúgnák a büntetőt, vagy pedig mindkét csapat ugyanakkor rúgná a büntetőt. Az új szabályok lehetőséget teremtenének a kreativitásra és a pontosságra, valamint csökkentenék az első rúgót követő csapatok előnyét. Ezek a változtatások hozzájárulhatnának az egyenlőbb és kiegyensúlyozottabb büntetőpárbajokhoz.

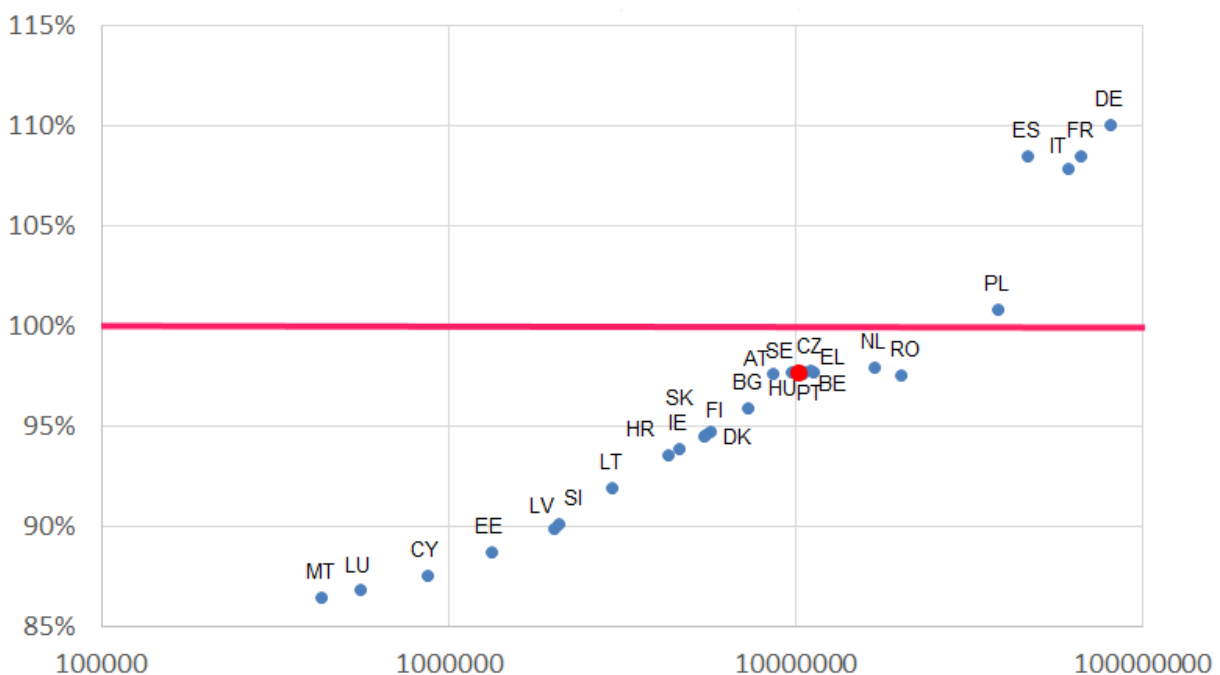
Szintén a focibajnokságok igazságosabbá és érdekesebbé tétele a célja „Miért igazságtalan a 2020-as labdarúgó-Európa-bajnokság kvalifikációja?” című cikkünknek.

A "Teljesítményalapú pénzfelosztás a Forma-1-ben páros összehasonlításokkal" és „Revenue allocation in Formula One: a pairwise comparison approach” című cikkek szintén elosztási kérdésekkel foglalkoznak. A Forma-1-ben a csapatok a teljesítményük alapján kapnak pénzbeli támogatást a szervezőktől. A cikkekben bemutatott páros összehasonlítások alapján megmutatjuk, hogy vannak olyan csapatok, amelyek kevesebb pénzt kapnak, még ha jó eredményeket is érnek el, míg mások a rosszabb teljesítmény ellenére magasabb összeget kapnak.

A „On the monotonicity of the eigenvector method” című tanulmányban a sajátvektor módszer egyik fontos tulajdonságát vizsgáljuk. A „The efficacy of tournament design” című cikkünk azt az alapvető kérdést feszegeti, hogy hogyan kellene egy bajnokságot lebonyolítani, hogy minél egyértelműbben kiderüljön, hogy ki a bajnok.

## Hatalmi indexek

A hatalmi indexek vizsgálata során elsősorban két alkalmazás területén mutattunk fel eredményeket. Az Európai unió döntési mechanizmusai és a döntésekben az egyes tagországok szerepe, befolyása régóta vizsgálat tárgya. A tagországok befolyásának kezdetben nem volt nagy jelentősége, hiszen homogén csoportot alkottak, mára azonban teljesen megváltozott a kép. A politikai vitákon túl a szavazások egy része anyagi természetű, így a befolyás vagy annak változása forintosítható.



A „Döntési befolyás az Európai Unió Tanácsában: Mit hozhat a Brexit?” és a "*Brexit and Power in the Council of the European Union*" cikkekben bemutatjuk, hogy a Brexit mekkora hatással volt az Európai Unió Tanácsának hatalmi viszonyaira. Az Egyesült Királyság távozása előtt a brit kormánynak jelentős befolyása volt a Tanácsban. A Brexit után viszont ez a befolyás megszűnt, hiszen az Egyesült Királyság távol maradt a döntéshozatali folyamatoktól. Ennek eredményeként más tagállamok hatalma növekedett a Tanácsban, illetve az EU országok közötti hatalmi egyensúly jelentősen átalakult. Több kulcsszereplő, például Németország és Franciaország, nagyobb befolyást szereztek (l. a fenti ábrát). Ez kihatással lehet az EU politikáira és a döntések meghozatalára is.

Az *Exits from the European Union and Their Effect on Power Distribution in the Council* című cikk célja, hogy a Brexit utáni lehetséges további, az Európai Unióból való kilépéseket és ezek hatását vizsgálja. Az Egyesült Királyság kilépését és a Brexit folyamatot, valamint a hatalmi egyensúly változásait mutatjuk be és azzal érvelünk, hogy a brit kilépés jelentős ellenállásba ütközhetett volna – egészen a horvát csatlakozásig. Megnézzük, hogy egy további ország kilépése kinek állhat érdekében, és mely tagországok lennének ellenérdekeltek. Általánosságban is indokolt feltenni a kérdést, hogy egy-egy ország kilépése milyen hatással van a bennmaradókra. Eredményeink szerint egy Brexit utáni további kilépéssel a kisebb országok járnának jól.

Izabella Stach-hal, Jochen Staudacherrel és hallgatóival egy olyan R csomagot készítettünk, mely hatékony algoritmusokkal számolja a hatalmi indexeket lehetővé téve olyan nagyméretű problémák, szavazási helyzetek egzakt vizsgálatát is, mint a Valutaalapé, melyet eddig csak közelítéssel, vagy szuper-számítógépekkel lehetett elemezni. A csomag elkészült, jelenleg validáljuk, a részben dinamikus programozáson alapuló hatékony algoritmusokat bemutató cikk *Computing power indices for weighted voting games via dynamic programming* címmel jelent meg.

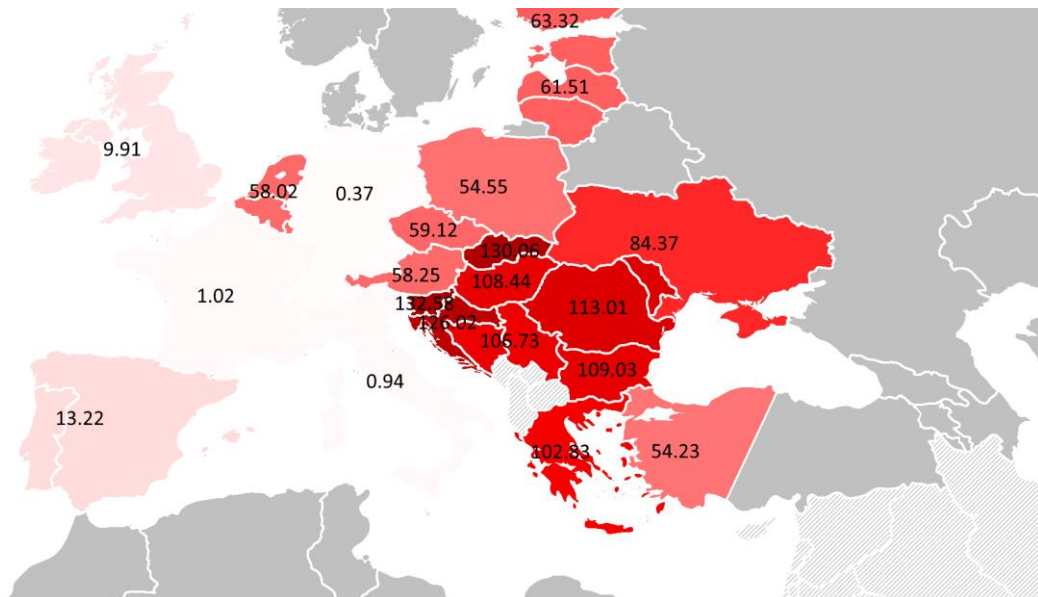
A hatalmi rangsorok mellett közvetlenül is vizsgáltunk rangsorokat. Országokat rangsoroltunk az életminőségük alapján, a hazautalások szerint; a cikk „Egy életminőség-rangsor a hazautalások alapján” címmel a Szigmában jelent meg.

A másik alkalmazásban az európai földgázhálózat hatalmi viszonyait vizsgáltuk.

A „Modeling transfer profits as externalities in a cooperative game-theoretic model of natural gas network” című cikkünk bemutatja, hogyan lehet modellezni a harmadik felek által okozott nyereséget kooperatív játékelméleti modell segítségével a földgáz hálózatokban. Megmutatjuk, hogyan lehet a transzfer nyereségeket externáliaként modellezni, mivel a nyereség meghaladja a résztvevő felek közötti transzfereket. A kutatás során a különböző forgatókönyveket modelleztünk, és bemutattuk, hogy a szállítási nyereségek hogyan befolyásolják a résztvevő felek döntéseit. Az eredmények azt mutatják, hogy hatással vannak a játék egyensúlyára és a résztvevők viselkedésére.

Az "*The impact of Nord Stream 2 on the European gas market bargaining positions*" című cikk a Nord Stream 2 gázvezeték megépítésének hatását elemzi. A Nord Stream 2 projekt jelentős hatással van az európai gázpiac alkupozícióira. Az új vezeték egy már meglévő, Németországot Oroszországgal közvetlenül összekapcsoló tengeri szállítási útvonal kapacitásának a megkettőzése. Ez a projekt növelné – a beszámoló írásakor már tudjuk: növelte volna - az orosz gáz szállítását Európába, és ennek révén Oroszország globális energiapiaci befolyását. A projekt akár az európai megosztottság szimbóluma is lehetne, hiszen nyugat-európai olajipari vállalatok építették teljességgel figyelmen kívül hagyva az

Unió keleti tagországainak és a szomszédos partnerállamok, így pl. Ukrajna érdekeit. Bár az építés érve között sohasem hangzott el, nyilvánvaló, hogy az építkezés célja a kockázatos ukrán útvonal kiváltása volt. Hazánk és a régió számára ez nem csak hosszabb szállítási útvonalat és ezáltal magasabb költségeket jelentene, de a beérkező gáz nagy része egyetlen belépési ponton érkezne. 2017-ben napokig tartó kimaradást okozott egy tűzeset Baumgartenben; egyoldalú ellátás esetén egy ilyen incidens súlyos károkat okozhat. A Nord Stream 2: A prelude to war című cikkünkben az ellátásbiztonságot a vezetékek átmeneti kieséséből származó kockázatok tükrében vizsgáljuk és megállapítjuk, hogy Európa dél-keleti része komoly ellátási kockázatoknak van kitéve (az alábbi ábrán a magasabb érték nagyobb kockázatot tükröz)– még a legújabb vezeték-építkezéseket figyelembe véve is.

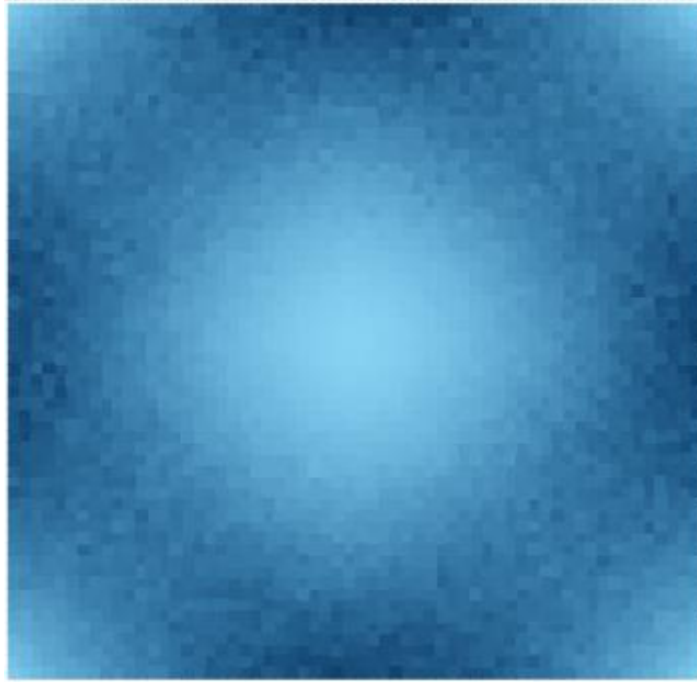


Az európai gázhálózat hatalmi viszonyaival kapcsolatos kutatások eredményeit sikerült a vezető energiagazdaságtani lapokban közölni. Részben ennek köszönhető, hogy felkérést kaptam a Commodity and Energy Markets Association éves konferenciájának budapesti megrendezésére. A konferencián lehetőségem volt a terület néhány vezető kutatójával is átbeszélni az eredményeket, azonban ezek további kutatása reményeim szerint már egy másik kutatási projekt egyik témája lesz.

## Konvex szavazási játékok

A hatalmi indexek jellemzője, hogy figyelmen kívül hagyja a szavazók politikai preferenciáit- Úgy mondjuk, hogy ezek „*a priori*”, azaz a felteendő kérdés ismerete előtt mérjük a befolyás mértékét. Bizonyos esetekben ez a megközelítés helyes, azonban más esetekben a lehetséges koalíciókat meghatározzák a szavazók – ismert – politikai preferenciái. A konvex szavazási játékok fő jellemzője, hogy figyelembe veszi a szavazók preferenciáját és csak a preferenciák alapján reális koalíciókat engedi meg.

Fertő Imrével, Kovács Attilával és Sziklai Balázssal közösen vizsgáltuk az Európai Parlament Mezőgazdasági Bizottságának (COMAGRI) hatalmi viszonyait a tagok politikai preferenciái, hiányzásai és a helyettesítők figyelembevételével. A számításokat itt egy Monte Carlo szimulációs modell segítségével végeztük. A cikk „*The power ranking of the members of the Agricultural Committee of the European Parliament*” címmel a European Review of Agricultural Economics című D1-es folyóiratban jelent meg.



Kutatásaink egyik meglepő eredménye szerint ezekben a játékokban nem a medián szavazó rendelkezik a legnagyobb befolyással, a meghatározó szavazók a spektrum szélére tolódnak (a fenti ábrán a sötétebb szín nagyobb befolyást jelent). Ez a radikalizálódás több országban is megfigyelhető volt az elmúlt évtizedekben és a modellünk egy viszonylag egyszerű magyarázatot adhat erre a hatalmi eltolódásra. Sajnos a modell és a gyakorlati megfigyelés összekapcsolása – ami az eredmények top folyóiratban való közléséhez nagymértékben hozzájárulna – még tartalmaz hiányosságokat és emiatt a kéziratot még nem küldtük el publikálásra.

A politikaelméleti alkalmazásokat erősítendő a projekt utolsó időszakában csatlakozott Arseniy Samsonov (BME). Ő is a politikai heterogenitást vizsgálta és nagyon hasonló eredményekre jutott: a politikailag homogén vagy bipoláris környezetben kialakulhat a transzparencia – ami közvetlenül a medián szavazó elméletéhez vezethet -, míg általában információs aszimmetriák alakulhatnak ki, ami meggyengíti a kevésbé radikális szavazókat. Sajnos a két modellt, bár eredményeikben sok a hasonlóság, még nem sikerült összekapcsolnunk. Dr Samsonov már benyújtotta a cikkét publikálásra.

## Egyéb

Fontos megemlíteni Kiss Hubert Jánossal, Pintér Ágnessel és Sziklai Balázssal közösen jegyzett kutatásunkat, melyben a kockázatvállalás pénzügyi buborékokra való hatását vizsgáltuk. Ez inkább egy korábbi kutatási pályázatunkhoz kapcsolódik, de a bírálók szigorúsága miatt jelentős utómunkákat igényelt az elmúlt évben. Munkánkat siker koronázta, hiszen „*Does risk sorting explain overpricing in experimental asset markets?*” című cikkünk elfogadásra került kísérleti/viselkedési gazdaságtan egyik vezető lapjában.

A projektben vizsgált alkalmazásokon túl több elméleti jellegű játékelméleti eredményt is publikáltunk. A „*The equivalence of the minimal dominant set and the myopic stable set for coalition function form games*” című cikkünk két nemüres kooperatív megoldás közötti kapcsolatot tárja fel, igazolva,

hogyan az egyik (legkisebb domináns halmaz) finomítása egybeesik a másik (miopikus stabil halmaz) speciális esetével.

A „*Core-stability over networks with widespread externalities*” című cikkünket a Covid járvány motiválta. A cikkben egy koalíciós- és hálózat építő modellt vizsgáltunk. A hálózati kapcsolatok általában előnyvel járnak, de a járvány egy olyan érdekes példa, melyben a kapcsolattartás éppen, hogy káros lehet. Megmutattuk, hogy a például Új-Zélandon propagált vírusbuborék modell, melyben kapcsolatunkat a társadalom – minél kisebb, de élhető – szegmensére korlátozzuk, optimális megoldás lehet ha a fertőzés elkerülése mellett a szociális igény kielégítése is szempont.

A kutatásaink nagy része interdiszciplináris; többnyire játékelméleti eszközöket alkalmazunk energia-gazdaságtani, menedzsment-, politikai, akár jogi környezetben. Eredményeink gyakorlati alkalmazhatóságát korlátozza, hogy a kapcsolódó területen dolgozó pl. jogászok semmilyen módszertani előképzettséggel sem rendelkeznek. Ennek a problémának az orvoslására készült Jakab András és Sebők Miklós szerkesztésében az Empirikus jogi kutatások című módszertani kötet, amibe készítettünk egy A játékelmélet és a jog című fejezetet.