

Záróbeszámoló

Pénzügyi hálózatok vizsgálata játékelméleti eszközökkel

NKFI-azon.: 120035

2016-10-01 - 2021-09-30

Készítette: Csóka Péter

Az alábbiakban megadom az elfogadott (5 nemzetközi és 2 hazai), beküldött (1 nemzetközi és 1 hazai) és folyamatban lévő (1 nemzetközi) cikkek kivonatát és azokat a fontosabb konferenciákat, szemináriumokat (27 db), ahol ezeket előadtam.

Elfogadott nemzetközi cikkek

Az elfogadott nemzetközi cikkek és azok kivonata magyarul a következő.

1. Csóka, P., Herings P.J.J. (2019), Liability games. *Games and Economic Behavior*, 116, 260-268

Egy vállalat tartozik a hitelezők egy csoportjának. Tanulmányunkban azt a kérdést vizsgáljuk, hogy hogyan osszuk el a vállalat eszközeit a hitelezők és a vállalat között. A játékelméleti irodalomban gyakran elemzett csődjátékokhoz képest a vállalatot explicit módon, játékosként kezeljük és egy új átruházható hasznosságú játékosztályt definiálunk, a tartozásos játékokat. A tartozásos játékok szuperadditívak, konstans összegűek, részben konvexek és részben konkávok. A tartozásos játékok magja pontosan akkor üres, ha a vállalat inszolvens és több pozitív tartozása van. A játék nukleoluszt elemezve belátjuk, hogy a nukleolusz szerint elosztva a vállalat eszközeit olyan elosztást kapunk, amely teljesíti a hatékonyság, nem negatívitás és a tartozások mint felső korlát tulajdonságokat. Belátjuk, hogy a nukleoluszban a vállalat pontosan akkor kap többet, mint amennyit önállóan is elérhetne, ha inszolvens és több pozitív tartozása van. A vállalat ekkor azzal fenyeget, hogy másoknak fizet, így elengednek a tartozásából és megtarthat egy pozitív részt az eszközeiből. Mutatunk olyan feltételeket, amikor a nukleolusz egybeesik egy általánosított csonkított arányos csődszabállyal, amikor a vállalat nemnegatív kifizetést kap és a maradék eszközét az összes eszközzel csonkolt tartozásokkal arányosan osztjuk el.

2. Bihary, Zs., Csóka, P., Szabó, D.Z. (2020), Spectral risk measure of holding stocks in the long run. *Annals of Operations Research*, 295, 75–89.

Tanulmányunkban azt vizsgáljuk, hogy hogyan függ a tartási periódustól annak a spektrális kockázata, hogy kockázatmentes bankbetét helyett részvényekbe fektetünk. A korábbi kutatásokban megmutatták, hogy bizonyos spektrális kockázati mértékekre és folyamatokra a spektrális kockázat negatív lesz hosszú távon. Mi ezt az eredményt általánosítjuk tetszőleges exponenciális Lévy folyamatra. Belátjuk ugyanezt tetszőleges spektrális kockázati mértékre is (beleértve az Expected Shortfall esetét), ha a részvényárfolyam realiztikusan gyorsan nő és ha az geometriai Brown mozgást végez vagy Véges Momentumú Log-Stabil folyamatot követ. Ez az eredmény azt sugallja, hogy a részvénytartás kockázata hosszú távon elenyésző. Ugyanakkor realiztikus modelleket használva numerikusan azt találjuk, hogy a kockázat több évtizeden át növekszik és csak kb. 100 év után éri el a nullát. Ezért konklúziónk az, hogy minden praktikus releváns időtávra a részvénytartás kockázatos.

3. Csóka, P., Herings, P.J.J. (2021), An axiomatization of the proportional rule in financial networks. *Management Science*, 67 (5) 2799-2812

Valós csődproblémákban a fizetések meghatározására használt legfontosabb módszer az arányos csődszabály. Sok csődproblémában megjelenik a hálózati aspektus, és ilyenkor a szereplők eszközeinek értéke endogén módon határozódik meg, mivel az is számít, hogy a többi szereplőtől mennyire lehet a követeléseket behajtani. Ezek a hálózati hatások megnehezítik az axiomatikus elemzést. Cikkünkben először adunk axiomatizációt pénzügyi hálózatokban az arányos csődszabályra. A fő axiómánk az osztódás invariancia. A további szükséges axiómák a követelések felső korlát jellege, a korlátolt felelősség, a hitelezők elsőbbsége, a folytonosság és a pártatlanság.

4. Can, B., Csóka, P., Ergin, E. (2020), How to choose a fair delegation? *Economic Theory*, megjelenés alatt

Cikkünkben azt vizsgáljuk, hogy hogyan válasszunk delegációt, olyan bizottságot, amely például békekonferencián reprezentálja a társadalmat. Normatív követelmények megadásával optimális, konzisztens, semleges és manipulálhatatlan módokat keresünk a delegáció kiválasztására. Belátjuk, hogy ezek a követelmények egy küszöbön alapuló szabálycsaládot karakterizálnak. Ezek a szabályok nem fix számú delegáltat választanak, hanem a társadalmi heterogenitástól függően különböző méretűeket. Az így kapott delegációk nagyon befogadóak, t delegált esetén azoknak az egyéneknek az aránya, akiknek a

véleménye nem reprezentált mindig $0,5^t$ alatt van, Zénón dichotómiáját követve. Például 2 fős delegáció esetén legalább a társadalom 75%-a támogatja valamelyik delegáltat, így a vélemények kevesebb, mint 25 %-a hagyható figyelmen kívül.

5. Csóka, P., Illés, F., Solymosi, T. (2021), On the Shapley value of liability games. European Journal of Operational Research, megjelenés alatt.

Tartozásos probléma esetén a fizetésektelen vállalat eszközeit el kell osztani a hitelezők és a vállalat között, miközben a vállalkozásnak bizonyos szabadsága van a hitelezőkkel folytatott tárgyalások során. A tárgyalásokat kooperatív játékokkal modellezzük, és elemezzük a Shapley-értéket az ilyen tartozásos problémák megoldása érdekében. Belátjuk a Shapley-érték három fő monotonitási tulajdonságát. Először is, a hitelezők mindig jobban járnak, ha nő a követelésük vagy az eszközérték. Másodszor, a vállalat egy tartozás növekedéséből csak profitálhat, de jobban vagy rosszabbul is járhat, ha az eszközérték növekszik, a kis és nagy tartozások összetételétől függően. Harmadszor, a nagyobb követelésekkel rendelkező hitelezők jobban részesülnek az eszközérték növekedéséből. Annak ellenére, hogy a tartozásos játékok konstans összegű játékok, és megmutatjuk, hogy a Shapley-érték közvetlenül kiszámolható egy tartozásos probléma adataiból, a kapcsolódó kooperatív játék generálása nélkül is, bizonyítjuk, hogy a vállalat Shapley-értékének kiszámítása NP-nehéz.

Elfogadott hazai cikkek

Az elfogadott hazai cikkek és azok kivonata a következő.

1. Csóka P. (2017): Az arányos csődszabály karakterizációja körbetartozások esetén. Közgazdasági Szemle, LXIV. évf., (3), 930-942.

Az arányos csődszabály első használata egészen Arisztotelészig vezethető vissza. A tanulmányban olyan pénzügyi hálózatokat vizsgálunk, ahol az ágenseknek van egy induló pénzkészlete és mindenki tartozhat mindenkinek. Egy adott pénzügyi hálózatban a csődszabály egy fizetési mátrixot ad meg, amelynek elemei megmondják, hogy ki mennyit fizessen a többi szereplőnek. Egy szereplő eszközei az induló pénzkészletéből és a többiektől kapott fizetésekből áll. A rendszerkockázati irodalomban előszeretettel használt arányos csődszabály azt követeli meg, hogy az ágensek a tartozásaikkal arányosan fizessenek eszközeikből, maximum a tartozások erejéig. Az arányos csődszabály esetén az eszközök értéke endogén módon határozódik meg, mivel a fizetések egymástól függhetnek. Cikkünkben részletezzük és illusztráljuk az arányos csődszabály egyik karakterizációját, olyan

tulajdonságokat, amelyek közül mindegyiket csak ez a csődszabály teljesít: a követelések mint felső korlátot, a korlátolt felelősséget, a hitelezők elsőbbségét, a pártatlanságot, az azonos ágensek általi manipulálhatatlanságot és a folytonosságot.

2. Csóka P.(2018): Az adósságelengedés modellezése kooperatív játékelmélettel. Közgazdasági Szemle, LXV. évf., (7-8), 768-779.

Gyakori jelenség, hogy a hitelezők a vállalatokat (országokat, államokat, egyéneket és más szervezeteket) adósságelengedésben részesítik. A fő kérdés az, hogy miként osszuk el a vállalat eszközeinek értékét a hitelezők és a vállalat között. Csóka–Herings [2017] átváltható hasznosságú kooperatív játékokkal modellezte a problémát, és a létrejövő játékokat tartozásos játékoknak nevezte. Tanulmányunkban bemutatjuk a tartozásos játékokat és tulajdonságaikat, majd belátjuk, hogy a Shapley-érték is tekinthető tartozásrendezési szabálynak. A szokásos csődjátékokkal szemben a tartozásos játékok fő újdonsága, hogy bennük a vállalat is játékos, és fizetéképtelen esetben is szigorúan pozitív kifizetést kaphat, vagyis kimenthetik. Ilyen értelemben a puha költségvetési korlát szindrómáját leíró modellek egyik változatának is tekinthetjük az adósságelengedés kooperatív játékelméleti modelljét.

Beküldött műhelytanulmányok

A beküldött műhelytanulmányok és azok kivonata a következő.

1. Csóka, P., Herings, P.J.J. (2021), Uniqueness of clearing payment matrices in financial networks (Theoretical Economics, bíráló alatt)

Tanulmányunkban pénzügyi hálózatok csődproblémáit tanulmányozzuk általános csődszabályok jelenlétében. Belátjuk, hogy a klíringmátrixok halmaza háló, amely garantálja a legnagyobb és a legkevesebb klíringmátrix meglétét. A klíringmátrixok multiplicitása elméletileg és gyakorlatilag is releváns kérdés. Az egyértelműség új feltételét mutatjuk be, amely általánosítja az irodalomban javasolt összes meglévő feltételt. Feltételünk attól függ, hogy a pénzügyi hálózat erősen összekapcsolt komponensekre bomlik-e. Egy erősen összekapcsolt komponens ciklikus, ha több ágenszt tartalmaz, amelyeket ilyenkor ciklikus ágenseknek hívunk. Feltételünk szerint ha van utód nélküli ciklikus komponens, akkor legalább egy ágens ebben a komponensben pozitív induló készlettel kell rendelkezzen. A pozitív induló készletekkel rendelkező ágensek elosztási szabálya pozitív monoton, a zérus induló készletekkel rendelkezőké pedig erősen monoton legyen. Mivel a prioritásokat magában

foglaló elosztási szabályok nem pozitív monotonok, a klíringmátrixok egyértelmősége sokkal nagyobb aggodalomra ad okot az ilyen elosztási szabályok, mint az arányos szabály esetén. Azt is bemutatjuk, hogy a kifizetési mátrixok egyértelmősége hogyan függ össze a csődszabályok folytonosságával.

2. Csóka Péter, Sass Zoltán (2021): Rendszerkockázati jelentőség mérése körbetartozások esetén (Közgazdasági Szemlébe, bírálat alatt)

Pénzügyi hálózatokban jól ismert a rendszerkockázat jelensége. A rendszerkockázat mérésén felül érdemes arra a kérdésre is választ keresni, hogy az egyes szereplők (ágensek) mennyiben járulnak hozzá annak megjelenéséhez. Ez egyrészt segíthet megérteni az ágensek rendszerben betöltött szerepét, rendszerkockázati jelentőségét, másrészt a rendszerkockázat allokációja az ágensekre alkalmazható kockázati tőkeallokációs módszerként, amely a tőketartalékoláson keresztül már a rendszerkockázat kezelését is lehetővé teszi.

Tanulmányunkban kidolgozunk egy keretrendszert, melyben pénzügyi szereplők stilizált hálózatában lehetőség nyílik a rendszerkockázat mérésére és allokációjára. A koalíciós hatások megfelelő kezelése érdekében a kérdést a kooperatív játékelmélet keretei között vizsgáljuk, tőkeallokációs játékokkal. A kockázatot mérhetjük a külső hitelezők, vagyis a hálózaton kívüli szereplők összességére rótt veszteségek segítségével. Ezen felül definiáljuk a minimális tőkeinjekció fogalmát (az a minimális összeg, mely ágensek egy csoportjának hatékony kimentéséhez szükséges), és megmutatjuk, adott csoport kimentéséhez nem érdemes a csoport tagjain kívül mást is részesíteni a tőkeinjekcióból. Megmutatjuk, miként alkalmazható a minimális tőkeinjekció is a kockázat mérésére. Egy példán keresztül szemléltetjük, mennyire eltérő rendszerkockázati jelentőségeket kaphatunk annak függvényében, hogy a rendszerkockázatot tőkeinjekció vagy a külső hitelezők veszteségeinek segítségével definiáltuk.

Folyamatban lévő kutatások

Az alábbi kéziratot már többször előadtam, de még nincs kész ahhoz, hogy jobb nemzetközi folyóirathoz beküldjük.

Csóka, P., Herings, P.J.J. Non-cooperative bargaining on debt restructuring

Egy fizetéképtelen cégnek kötelezettségei vannak a hitelezők csoportjával szemben. Azt a problémát elemzzük, hogy hogyan osszuk el a cég eszközértékét a hitelezők és a cég között között, dinamikus, nem-kooperatív tárgyalási modellt alkalmazva. Olyan alkuprotokollt használunk, amelyben egy véletlenszerűen kiválasztott aktív játékos javasolhat koalíciót valamint egy megvalósítható eszközallokációt, ahol a megvalósíthatóság a koalíció választásától függ. Ha a javaslatot a koalíció minden tagja egyhangúlag elfogadja, akkor a kapcsolódó hitelezők kilépnek a játékból. A cég azonban a játékban marad, amíg vannak hitelezők. Arészjáték tökéletes stacionárius egyensúlyokat elemezzük. Megmutatjuk, hogy ha a diszkont faktor egyhez tart, akkor az egyensúlyi elosztás konvergál a korlátozott egyenlő kifizetések szabályhoz, ahol a kisebb követelésekkel rendelkező hitelezők követeléseik nagyobb hányadát kapják meg, mint a magasabb követelésekkel rendelkező hitelezők.

Prezentációk

Az elért (részleges) eredményeket közben az alábbi konferenciákon és szemináriumokon prezentáltam, többnyire a projekt támogatásával vagy ingyenes részvétellel.

1. 2021. szeptember 24. Clearing in financial networks: decentralization, distributed ledger, axiomatization, bilateral netting, and endogenous uncertainty. Risk Management of Central Clearing Counterparties workshop, online.
2. 2021. augusztus 31-szeptember 2. A klíringmátrixok egyértelműsége pénzügyi hálózatokban. XXXIV. Magyar Operációkutatási Konferencia, online.
3. 2021. július 19-23. Non-cooperative bargaining on debt restructuring. GAMES2020, The 6th World Congress of the Game Theory Society, Budapest.
4. 2021. június 30-július 2. Uniqueness of Clearing Payment Matrices and Continuity of Bankruptcy Rules in Financial Networks. 16th European (formerly Spain-Italy-Netherlands) Meeting on Game Theory (SING16), online.
5. 2020. december 21-22. Uniqueness of Clearing Payment Matrices and Continuity of Bankruptcy Rules in Financial Networks. MKE éves konferencia, online.
6. 2020. november 26-27. Uniqueness of Clearing Payment Matrices and Continuity of Bankruptcy Rules in Financial Networks. Annual Financial Market Liquidity Conference, online.
7. 2020. október 10. Non-cooperative bargaining on debt restructuring. International Risk Management Conference, online.

8. 2020. október 9. Non-cooperative bargaining on debt restructuring. The 14th International Conference on Game Theory and Management, online.
9. 2019. december 19-20. Non-cooperative bargaining on debt restructuring. MKE Éves Konferencia, Budapest.
10. 2019. november 14-15. Non-cooperative bargaining on debt restructuring. Annual Financial Market Liquidity Conference, Budapest.
11. 2019. november 8. An axiomatization of the proportional rule in financial networks. The Lisbon Meetings in Game Theory and Applications # 11, Lisszabon.
12. 2019. július 2. Bargaining over liabilities. 15th European (formerly Spain-Italy-Netherlands) Meeting on Game Theory (SING15), Turku.
13. 2019. június 12. How to choose a fair delegation. Conference on Economic Design, Budapest.
14. 2019. június 17-19. Spectral risk measure of holding stocks in the long run. Poszter előadás, International Risk Management Conference, Milánó.
15. 2019. május 29. Hogyan publikáltam a Management Science-ben? BME QSMS Seminar, Budapest.
16. 2019. május 21. Az arányos csődszabály axiomatizálása pénzügyi hálózatokban. XXXIII. Magyar Operációkutatási Konferencia, Szeged.
17. 2018. december 20. How to choose a fair delegation? MKE Éves Konferencia, Budapest.
18. 2018. január 15. Derivatív ügyletek elszámolása elosztott főkönyvi technológiával. BCE G Kar, kari kutatási hét, Budapest.
19. 2017. december 18. Liability games. MKE Éves Konferencia, Budapest.
20. 2017. november 16-17. Liability games. Annual Financial Market Liquidity Conference, Budapest.
21. 2017. július 6. Bankruptcy games where the estate is a player. 13th European (formerly Spain-Italy-Netherlands) Meeting on Game Theory (SING13), Párizs.
22. 2017. június 12-14. An axiomatization of the proportional rule in financial networks. International Risk Management Conference 2017, Firenze.
23. 2017. május 31. The effects of blockchain on central clearing. FinTech és banki digitalizáció workshop, Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest.
24. 2017. január 25. An axiomatization of the proportional rule in financial networks. BAI-Winter, Bangkok.
25. 2017. január 12. An axiomatization of the proportional rule in financial networks. 21st EBES Conference, Budapest.
26. 2016. december 19. An axiomatization of the proportional rule in financial networks. MKE Éves Konferencia, Budapest.
27. 2016. november 17-18. An axiomatization of the proportional rule in financial networks. Annual Financial Market Liquidity Conference, Budapest.