

Szakmai záró beszámoló a T101217 nyilvántartási számú „Differenciál- és differenciaegyenletek kvalitatív tulajdonságai” című OTKA pályázatról

Kutatásaink a differenciál- és differenciaegyenletek kvalitatív tulajdonságainak vizsgálatához, elsősorban stabilitási kérdésekhez, a megoldások aszimptotikus jellemzéséhez, az integrál- és diszkrét egyenlőtlenségek és az állapotfüggő késleltetésű egyenletek témaköréhez kapcsolódnak. A 2012-2016 kutatási időszakban 34 publikációnk jelent meg, melyek közül 1 monográfia, 25 impakt faktoros folyóiratcikk, az összesített impakt faktor 25,42. Dolgozatainkra az elmúlt 5 évben 938, ezen belül a kutatási periódusban megjelent 34 publikációnkra pedig eddig 29 hivatkozást regisztráltunk. Eredményeinkről 32 meghívott és további 16 előadásban számoltunk be nemzetközi konferenciákon. Ezeken kívül összesen 7 meghívott előadást tartottunk különböző hazai és külföldi egyetemek szakmai szemináriumain. A pályázati időszakban 4 alkalommal vettünk részt nemzetközi konferencia szervezésében.

Az elért eredményeinket a pályázatban megfogalmazott területek szerint csoportosítva adjuk meg. Ugyanakkor születtek olyan dolgozatok is, amelyek a tervezetthez képest szélesebb kutatási témákhoz kapcsolódnak.

I. Magasabb rendű és Volterra típusú differenciaegyenletek megoldásainak stabilitása és szummabilitása

Az [1] dolgozatban késleltetett Volterra integrál egyenletek egy széles osztályában adtunk meg a megoldások korlátosságára elegendő, bizonyos esetekben szükséges és elegendő feltételt. Az eredmények alkalmazásaként nemlineáris késleltetett argumentumú szabályozó rendszerek BIBO stabilitására adtunk elegendő feltételeket a nemlinearitás különböző osztályaira.

Az utóbbi években számos dolgozat foglalkozik folytonos és diszkrét idejű lineáris Volterra-típusú egyenletek megoldásainak aszimptotikus jellemzésével. Az eredmények többsége arra az esetre vonatkozik, amikor a rendszernek létezik egyensúlyi helyzete. A [2] dolgozatban az egyenletek olyan alosztályát vizsgáltuk, amelyeknek csak aszimptotikus egyensúlyi helyzete, illetve aszimptotikusan periodikus megoldása van.

A [7] dolgozatban magasabb rendű, autonóm lineáris differenciaegyenlet rendszerek nemtriviális periodikus megoldásainak létezésére adunk szükséges és elegendő feltételt az együtthatókra tett kommutativitási feltétel mellett. A bizonyítás a cirkuláris mátrixokra vonatkozó ismert eredményekre, és a blokkmátrixok determinánsának számolását lehetővé tevő Sylvester tételre támaszkodik.

A [8] cikkben globálisan periodikus, magasabb rendű, autonóm inhomogén lineáris differenciaegyenlet-rendszerekről mutatjuk meg, hogy létezik egyensúlyi helyzetük. Hasonló eredményt bizonyítunk olyan elsőrendű autonóm inhomogén lineáris differenciaegyenletekről, amelyeket zárt értékészletű, Banach téren értelmezett lineáris operátorok definiálnak.

A [16] dolgozat alapvető célja magasabb rendű, nemlineáris differenciaegyenletek globális periodikusságának a vizsgálata volt különböző állapotterek esetén. A bevezetett új technika segítségével hatékonyan alkalmazható feltételeket kaptunk. A kapott algebrai típusú feltételek felhasználásával új eredményeket nyertünk a globális periodikusságra azokban az esetekben, amikor az állapotter egy normált tér vagy egy csoport.

A [17] cikkben magasabb rendű, autonóm differenciaegyenletek periodikus megoldásainak létezésére adtunk a gyakorlatban is ellenőrizhető szükséges és elegendő feltételeket. A megfontolások, egy a szerzők által korábban bevezetett transzformáción és a cirkuláris mátrixokra vonatkozó eredményeken alapulnak. Az eredményeket érdekes példákkal illusztráltuk.

A [25] dolgozatban egy általános skaláris populációs modell egyenletet vizsgáltunk, ahol a késleltetés a születési rátában jelenik. Elégséges feltételeket adtunk meg a pozitív megoldások egyenletes perzisztenciájára. Számos esetben explicit képleteket adtunk meg a megoldások limesz inferiorjának és limesz superiorjának becslésére, amelyek az irodalomban szereplő korábbi dolgozatokban vizsgált eredményeknél enyhébb feltételek mellett alkalmazhatók.

II. Aszimptotikusan konstans együtthatójú lineáris differenciál- és differenciaegyenletek

A [6] dolgozatban egy nemlineáris folytonos változójú differenciaegyenlet heteroklinikus megoldásait vizsgáltuk. A fő eredmény leírja a heteroklinikus megoldások aszimptotikus viselkedését abban az esetben, amikor a megoldás argumentumában szereplő eltolások racionálisan függetlenek.

A [15] cikkben bizonyos skaláris lineáris autonóm késleltetett argumentumú differenciaegyenletek megoldásainak aszimptotikus viselkedését vizsgáltuk. Megmutattuk, hogy a megoldások aszimptotikus viselkedését az határozza meg, hogy a késleltetések racionálisan függők-e vagy sem. Amint azt egy korábbi cikkünkben is beláttuk, racionálisan függő késleltetések esetén a problémát vissza lehet vezetni véges dimenziós differenciaegyenletek vizsgálatára. Racionálisan független késleltetések esetén hasonló redukció nem tűnik lehetségesnek. Ebben a dolgozatban racionálisan független késleltetések esetén sikerült aszimptotikus formulát bizonyítanunk a megoldásokra. A bizonyítás kulcsa Donald J. Newman egy Tauber típusú tételének alkalmazása, amely fontos szerepet játszik a prímszám-tétel analitikus bizonyításában is.

A [21] cikkben egy skaláris lineáris homogén késleltetett argumentumú differenciálegyenletet vizsgáltunk, amelynek együtthatófüggvénye kicsi a végtelenben. Vizsgálatainkat a számelméletben szereplő Dickman-de Bruijn egyenlet motiválta. Megmutattuk, hogy a késleltetett egyenlet minden megoldása aszimptotikusan jellemezhető a formális adjungált egyenlet egy speciális megoldásának segítségével. A Dickman-de Bruijn egyenlet esetén eredményünk explicit aszimptotikus formulát ad a megoldásokra.

A [24] cikkben Poincaré-féle differenciaegyenletek megoldásait vizsgáltuk. Megmutattuk, hogy ha a limeszegyenlet sajátértékei egyszeresek és páronként különbözőek, akkor a differenciaegyenlet minden megoldásának egy alkalmas súlyozott határértéke egyenlő a limeszmátrix valamely sajátvektorával.

A [31] cikkben olyan lineáris skaláris késleltetett differenciálegyenletet vizsgáltunk, amelynek az együtthatója nullához tart a végtelenben. Egy korábbi eredményünk szerint minden megoldás aszimptotikusan jellemezhető az adjungált egyenlet egy pozitív speciális megoldásának és a kezdeti függvénynek a segítségével. A speciális megoldást általában nem tudjuk megadni explicit alakban. A cikkünk fő eredménye az adjungált egyenlet speciális megoldásának olyan függvényt sorba fejtése, amely sok esetben explicit aszimptotikus formulákat ad a késleltetett egyenlet megoldásaira.

III. Gronwall-Bellman-Bihari és Jensen típusú egyenlőtlenségek

A [3] dolgozatban az integrál Jensen egyenlőtlenség finomításait adjuk egy új módszerrel. A nyert eredmények segítségével a diszkrét Jensen egyenlőtlenség új finomításai adódnak, és néhány ismert diszkrét finomításnak megkapjuk az integrál változatát. Alkalmazásként az Hermite-Hadamard egyenlőtlenség bal oldalának egy finomítását adjuk.

A [4] dolgozatban operátor konvex függvényekre vonatkozó Jensen egyenlőtlenség finomításait adtuk meg a klasszikus diszkrét Jensen egyenlőtlenségre vonatkozó ismert finomítások (a szerzők korábbi dolgozatai) alapján. Az eredmények alkalmazásként új operátor közepek voltak definiálhatók pozitív önadjungált operátorok egy részhalmazán, amelyek segítségével a szigorúan pozitív operátorokra vonatkozó hatványközepek egy finomítása volt nyerhető.

A [5] cikkben diszkrét Jensen egyenlőtlenség korábbi finomításainak a felhasználásával funkcionálokat értelmeztünk. Ezen funkcionálokra vonatkozó egyenlőtlenségeket nyertünk egy új, az exponenciális konvexséget használó módszer alkalmazásával.

A [13] cikk a diszkrét Jensen egyenlőtlenség paramétereiktől való finomítását adjuk meg. Vizsgáljuk a kapott finomítás sorozatok határértékének létezését. Alkalmazásként új kvázi-aritmetikai közepeket vezetünk be, és tanulmányozzuk a monotonitásukat. A dolgozat eredményei lényeges általánosítását adják a 2011-ben a Math. Comput. Modelling folyóiratban megjelent dolgozatunk eredményeinek, és a bizonyítások egyszerűbbek.

A [14] dolgozatban Horváth L. 2011-ben a Math. Comput. Modelling és a J. Inequal. Appl. folyóiratokban megjelent dolgozatai, valamint Beck korábbi eredményeire támaszkodva kvázi-aritmetikai közepek finomításait adjuk meg. Az eredmények segítségével általánosítjuk a Hölder és Minkowski egyenlőtlenségeket.

A [18] dolgozatban a "Z.-G. Xiao, H. M. Srivastava, Z.-H. Zhang, Further refinements of the Jensen inequalities based upon samples with repetitions, Math. Comput. Modelling 51 (2010) 592-600." dolgozatában szereplő Jensen egyenlőtlenség egy új súlyozott alakját adtuk meg Jensen-konvex függvényekre, amelyek új egyenlőtlenségekhez és határérték formulákhoz vezettek. A kapott egyenlőtlenségek által új közepeket definiáltunk és vizsgáltuk a tulajdonságaikat.

A [19] monográfiában a Jensen egyenlőtlenség (diszkrét, integrál és operátor) finomításával kapcsolatos problémakörrel foglalkoztunk. A klasszikus és új eredmények közül elsősorban azok szerepelnek a könyvben, amelyekben az alkalmazott módszerek kombinatorikai jellegűek. A finomítások által generált különböző típusú közepek (kvázi-aritmetikai közepek, kevert szimmetrikus közepek, valamint az exponenciális konvexség fogalmát felhasználva,

Cauchy közepek) bevezetése és monotonitásának vizsgálata szintén alapvető célja a könyvnek.

A [20] cikkben a "Horváth, Pečarič, A refinement of the discrete Jensen's inequality, Math. Ineq. Appl. 14 (2011), 777-791." dolgozat eredményeinek felhasználásával új finomításait adtuk a Jensen egyenlőtlenségnek operátor konvex függvényekre. Alkalmazásként új közepeket definiáltunk pozitív operátorokra, és vizsgáltuk a tulajdonságait.

A [26] dolgozatban a diszkrét Jensen egyenlőtlenség finomítását adtuk meg rekurzióval definiált sorozatok segítségével. Nagyon általános feltételek mellett a sorozat szigorú növekedését is sikerült igazolni, amely elég ritka a témakör irodalmában. Néhány esetben a rekurziót sikerült feloldani és explicit finomításokat adni. Már ezek a speciális esetek is korábbi eredmények általánosítását adják. A kapott egyenlőtlenségek által új kváziaritmetikai közepeket definiálunk és vizsgáljuk a tulajdonságait.

A [27] dolgozatban az integrál Jensen egyenlőtlenség finomításait adtuk meg a szerzők által egy korábbi dolgozatban nyert, a diszkrét Jensen egyenlőtlenségre vonatkozó, finomítások felhasználásával. A kapott egyenlőtlenségek által új kváziaritmetikai közepeket definiáltunk integrálok segítségével, és vizsgáltuk a tulajdonságait. Alkalmazásként a Hermite-Hadamard egyenlőtlenség bal oldalának egy finomítását adtuk meg.

A [28] dolgozatban új, duplán súlyozott, többdimenziós függvényközepeket vezettünk be, amelyek diszkrét súlyoktól és egy valószínűségi mértéktől függenek. Ezen közepek felhasználásával új, duplán súlyozott, többdimenziós Stolarsky közepeket, hatványközepeket és logaritmikus közepeket nyertünk. Tanulmányoztuk az új közepek tulajdonságait.

Az úgynevezett Bellman-Bergström-Fan funkcionálok pozitív definit mátrixok determinánsaival vannak értelmezve, szuperlineárisak, így konkávok. Ezen funkcionálok által generált Jensen egyenlőtlenség finomításait adtuk meg a [29] korábbi dolgozatokban nyert eredmények felhasználásával.

IV. Állapotfüggő késleltetésű funkcionál-differenciálegyenletek

A [9] cikkben állapotfüggő késleltetésű differenciálegyenletek egy osztályára definiáltuk az ú.n. kvázi-linearizációs paraméter becslési módszert. Bizonyos feltételek mellett megmutattuk a módszer lokális konvergenciáját, numerikus példákon illusztráltuk a módszer alkalmazhatóságát.

A [10] dolgozatban neutrális állapotfüggő késleltetésű differenciálegyenletek egy osztályára vizsgáltuk a kezdeti érték feladat megoldásának létezését, egyértelműségét, valamint a megoldások paraméterek szerinti folytonos differenciálhatóságát.

A [11] cikkben állapotfüggő késleltetésű differenciálegyenletek megoldásainak paraméterektől függő differenciálhatóságát vizsgáltuk. Beláttuk, hogy a megoldások kétszer folytonosan differenciálhatók a paraméter szerint pontonkénti értelemben illetve a C-normát használva, feltéve, hogy a visszanyúlás függvény szakaszonként szigorúan monoton.

A [32] dolgozatban közönséges és funkcionál differenciálegyenletekre is megfogalmazott nemlineáris konstans variációs formulának adtuk meg és bizonyítottuk a képletét

állapotfüggő késleltetésű differenciálegyenletek egy osztályára. A bizonyításhoz szükség volt a megoldások kezdeti időpont és kezdeti függvény szerinti folytonos differenciálhatóságának enyhe feltételek melletti bizonyítására. A fő eredmények alkalmazásaként állapotfüggő késleltetésű egyenlete perturbációjának aszimptotikus tulajdonságait vizsgáltuk.

V. Differenciál- és differenciaegyenletekkel kapcsolatos további eredményeink

A [12] cikkben a légzési rendszernek egy egyszerűsített modelljét vizsgáljuk. Definiálunk egy szakaszonként konstans argumentumú egyenletek segítségével felírt paraméter becslési numerikus módszert, és számos numerikus példán teszteljük annak alkalmazhatóságát a fenti feladaton.

A [22] dolgozatban egy Caputo-típusú valós rendű differencia-operátort tartalmazó lineáris rendszer zéró megoldásának stabilitását vizsgáltuk. Újdonság, hogy a feltételeink teljesen explicitek, és tartalmazzák a konvergenciasebesség becslését is. Eredményeinket összehasonlítottuk Riemann-Liouville-féle típusú operátort tartalmazó differenciaegyenletekre ismert tételekkel. Az alkalmazhatóságot példákkal szemléltettük.

A [23] dolgozat folytonos idejű időfüggő együtthatókat és késleltetéseket tartalmazó differenciaegyenlet nem-oszcilláló megoldásainak létezését vizsgáltuk. Vizsgálataink egy általánosított, nemlineáris karakterisztikus egyenlet megkonstruálásán alapulnak. Explicit feltételeket adtunk a karakterisztikus egyenlet megoldásainak, ezzel egyenértékűen a vizsgált differenciaegyenlet pozitív megoldásainak létezésére. Az eredményeink az úgynevezett neutrális késleltetett differenciálegyenletek oszcillációs elméletében alkalmazhatóak.

A [30] cikkben egy nemlineáris algebrai egyenletrendszer pozitív megoldásának létezését és egyértelműségét vizsgáltuk bizonyos elegendő feltételek mellett. A bizonyítás a monoton iteráció módszerén alapul. Az eredmények általánosítják az irodalomban található korábbi eredményeket.

A [33] dolgozatban időfüggő késleltetésű differenciálegyenletek megoldásainak a késleltetés függvény szerinti folytonos differenciálhatóságát bizonyítottuk. A bizonyítás az állapotfüggő késleltetésű egyenletekre kidolgozott technikát alkalmazza. Az elméleti eredmények alkalmazásaként a késleltetés függvény, mint az egyenletben szereplő paraméter becslésére a kvázilinearizációs eljárást definiáltunk és numerikusan teszteltünk egy példán.

A [34] cikkben valós Banach terek kompakt lineáris operátorainak olyan pályáit vizsgáltuk, amelyek pozitívak valamely kúp által generált parciális rendezésre nézve. Megmutattuk, hogy a pozitív pályák lokális spektrálsugara mindig olyan nemnegatív sajátértéke a kompakt lineáris operátornak, amelyhez pozitív sajátvektor is tartozik.

További szakmai terveink

Tervezzük a fenti kutatásaink folytatását. A munkatervet a 2016-2020 időszakra beadott és elfogadott OTKA pályázatunkban részleteztük.

Egyéb tudományos aktivitások

Speciális szekció szervezése (Győri István és Pituk Mihály) az „18th International Conference on Difference Equations and Applications, Barcelona, Spain, July 23 - 27, 2012” nemzetközi konferencián „Asymptotic Behavior and Periodicity of Difference Equations” címmel.

Miniszimpozium szervezése (Pituk Mihály) az „EQUADIFF 2013, August 26 -30, 2013, Prága, Csehország” nemzetközi konferencián „Asymptotic Behavior of Functional Differential Equations” címmel.

Nemzetközi konferencia szervezése (Hartung Ferenc és Pituk Mihály) „International Conference on Delay Differential and Difference Equations and Applications (July 15-19, 2013, Balatonfüred, Hungary)” címmel.

Nemzetközi workshop rendezése „Workshop on Delay Differential and Difference Equations, July 17-18, 2014, Veszprém, Hungary” címmel.

Egyéb támogatások

Számos meghívás konferencia előadás tartására, ahol a meghívó fél fizette a részvételi költségeket illetve azok egy részét.

Hozzájárulok ahhoz, hogy a 101217 nyilvántartási számú kutatás eredményei alapján készült zárójelentésem, az OTKA Bizottság nyilvánosságra hozza, illetve a tudományos közösség számára ismert, elérhető archívumban archiválja.

Veszprém, 2016.december 21.

Dr. Győri István, témavezető

Melléklet a szakmai beszámolóhoz**Publikációs lista**

1. Awwad E., Györi I., Hartung F.: ***BIBO stabilization of feedback control systems with time dependent delays***, Applied Mathematics and Computation, v. 219, pp. 1485-1509, 2012
2. Györi I., Reynolds D: ***Explicit asymptotic limits for a class of discrete Volterra equations***, Journal of Difference Equations and Applications, 18:11, pp. 1925-1930, 2012
3. Horváth L: ***A refinement of the integral form of Jensen's inequality***, Journal of Inequalities and Applications, Paper 2012:178. 19 p., 2012
4. Horváth L, Khuram Ali Khan, Josip Pecaric: ***On parameter dependent refinement of discrete Jensen's inequality for operator convex functions***, Journal of Mathematical and Computational Science, 2:3, pp. 656-672, 2012
5. Horváth L., Khuram Ali Khan, J Pečarić: ***Further refinement of results about mixed symmetric means and Cauchy means***, Advances in Inequalities and Applications, 1:1, pp. 12-32, 2012
6. Pituk M: ***A limit boundary value problem for a nonlinear difference equation***, Computers and Mathematics with Applications 64, pp. 2364-2369, 2012
7. Györi I, Horváth L: ***Existence of periodic solutions in a linear higher order system of difference equations***, Computers and Mathematics with Applications, 66:11, pp. 2239-2250, 2013
8. Györi I., Horváth L.: ***On Linear Difference Equations for which the Global Periodicity Implies the Existence of an Equilibrium***, Abstract and Applied Analysis, 2013: Paper 971394, 2013
9. Hartung F: ***Parameter estimation by quasilinearization in differential equations with state-dependent delays***, Discrete and Continuous Dynamical Systems-B, 18:6, pp. 1611-1631, 2013
10. Hartung F.: ***On Differentiability of Solutions with respect to Parameters in Neutral Differential Equations with State-Dependent Delays***, Annali di Matematica Pura ed Applicata, v. 192, pp. 17-47, 2013
11. Hartung F.: ***On Second-Order Differentiability with Respect to Parameters for Differential Equations with State-Dependent Delays***, Journal of Dynamics and Differential Equations, 25:4, pp. 1089-1138, 2013
12. Hartung F., Turi J.: ***Identification in a Respiratory Control System Model***, in Batzel J J, Bachar M, Kappel F (ed.) Mathematical Modeling and Validation in Physiology: Applications to the Cardiovascular and Respiratory Systems, Springer, 105-118, 2013
13. Horváth L.: ***A new refinement of the discrete Jensen's inequality depending on parameters***, Journal of Inequalities and Applications, Paper 2013:551, 2013
14. Horváth L., Khuram Ali Khan, J. Pecaric: ***New refinements of Hölder and Minkowski inequalities with weights***, Proceedings of A. Razmadze Mathematical Institute, 161, pp. 97-116, 2013
15. Pituk M.: ***Large time behavior of a linear difference equation with rationally non-related delays***, Journal of Mathematical Analysis and Applications, v. 400(1), pp. 239-246, 2013
16. Györi I., Horváth L.: ***Widely applicable periodicity results for higher order difference equations***, Journal of Difference Equations and Applications, 20:(5-6) pp. 883-924, 2014
17. Györi I., Horváth L.: ***Utilization of the circulant matrix theory in periodic higher order autonomous difference equations***, International Journal of Differential Equations and Applications, 9:(2) pp. 163-185, 2014
18. Horváth L.: ***Weighted form of a recent refinement of the discrete Jensen's inequality***, Mathematical Inequalities & Applications, 17:(3) pp. 947-961, 2014
19. Horváth L., Khuram Ali Khan, Josip Pečarić: ***Combinatorial Improvements of Jensen's Inequality: Classical and New Refinements of Jensen's Inequality with Applications***, Element d. o. o., 240 p. (Monographs in Inequalities, 8), ISBN: 978-953-197-594-0, 2014

20. Horváth L., Khuram Ali Khan, Josip Pečarić: *Refinement of Jensen's inequality for operator convex functions*, Advances in Inequalities and Applications, Article ID 26, pp. 1-17, 2014
21. Pituk M., Röst G.: *Large time behavior of a linear delay differential equation with asymptotically small coefficient*, Boundary Values Problems, 2014, Article ID: 114, 2014
22. Čermák J, Gyori I, Nechvátal L: *On explicit stability conditions for a linear fractional difference system*, Fractional Calculus and Applied Analysis, 18:3, pp. 651-672, 2015
23. Chatzarakis G, I Györi, H Péics, I Stavroulakis: *Existence of positive solutions of linear delay difference equations with continuous time*, Electron J Qual Theor Differ Equat, 2015:15, pp. 1-23, 2015
24. Chieocan R, Pituk M: *Weighted limits for Poincare difference equations*, Applied Mathematics Letters, 49, pp. 51-57, 2015
25. Györi I, Hartung F, Mohamady N A: *On a nonlinear delay population model*, Applied Mathematics and Computations, 270, pp. 909-925, 2015
26. Horváth L: *Infinite refinements of the discrete Jensen's inequality defined by recursion*, Journal of Mathematical Inequalities, 9:4, pp. 1115-1132, 2015
27. Horváth L, J Pečarić: *Refinements of the classical Jensen's inequality coming from refinements of the discrete Jensen's inequality*, Advances in Inequalities and Applications, 2015, Article ID: Art ID 8, pp. 1-17, 2015
28. Horváth L, J. Pečarić: *New versions of weighted multidimensional functional and Stolarsky means*, Acta Mathematica Hungarica, 147:1, pp. 81-96, 2015
29. Horváth L, Kh A Khan, J Pecaric: *Refinements of determinental inequalities of Jensen's type*, Eurasian Math J, 6:3, pp. 30-44, 2015
30. Györi I, Hartung F., Mohamady N.: *Existence and uniqueness of positive solutions of a system of nonlinear algebraic equations*, Periodica Mathematica Hungarica, DOI 10.1007/s10998-016-0179-3, 2016
31. Györi I, Pituk M.: *Asymptotic formulas for a scalar linear delay differential equation*, Electron. J. Qual. Theory Differ. Equ., 2016:72, pp. 1-14, 2016
32. Hartung F: *Nonlinear Variation of Constants Formula for Differential Equations with State-Dependent Delays*, Journal of Dynamics and Differential Equations, 28:3, pp.1187-1213, 2016
33. Hartung F: *Differentiability of solutions with respect to the delay function in functional differential equations*, Electron. J. Qual. Theory Differ. Equ., 2016:73, pp. 1-16, 2016
34. Pituk, M.: *The local spectral radius of a nonnegative orbit of compact linear operators*, Mathematica Slovaca, 66:3, pp. 707-714, 2016