

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0525U000183

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 10-04-2025

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Панчук Анастасія Анатоліївна

2. Anastasiia Panchuk

Кваліфікація: к. ф.-м. н., с.д., 01.01.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-1705-602X

Вид дисертації: доктор наук

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 01.01.02

Назва наукової спеціальності: Диференційні рівняння

Галузь / галузі знань: Не застосовується

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Не застосовується

Дата захисту: 13-05-2025

Спеціальність за освітою: Математика

Місце роботи здобувача: Інститут математики Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417207

Місцезнаходження: вул. Терещенківська, буд. 3, Київ, 01024, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): Д26.206.02

Повне найменування юридичної особи: Інститут математики Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417207

Місцезнаходження: вул. Терещенківська, буд. 3, Київ, 01024, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Інститут математики Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417207

Місцезнаходження: вул. Терещенківська, буд. 3, Київ, 01024, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Англійська

Коди тематичних рубрик: 27.29.17

Тема дисертації:

1. Біфуркації необоротних гладких, кусково-гладких та розривних відображень
2. Bifurcations of noninvertible smooth, piecewise smooth, and discontinuous maps

Реферат:

1. 1. Дисертація присвячена вивченню властивостей і біфуркацій асимптотичних розв'язків для широкого кола необоротних як неперервних, так і розривних кусково-гладких відображень, багато з яких представляють собою моделі різноманітних реальних явищ. Дослідження негладких динамічних систем набуло популярності наприкінці минулого століття у відповідь на зростаючі вимоги з боку різних прикладних галузей науки. Оскільки математичний аналіз процесів, пов'язаних із тертям, дрижанням, ковзанням, зіткненнями, імпульсами, виходить за межі класичної методології гладких динамічних систем, виникла необхідність в розробці нових підходів та теорій. Кусково-гладкі системи демонструють набагато цікавішу асимптотичну динаміку, ніж гладкі системи, здебільшого через те, що у фазовому просторі існують множини, на яких функція системи недиференційовна, а в деяких випадках, навіть невизначена. Цей науковий напрям пов'язаний з роботами таких відомих вчених як Дж. А. Йорк, Х. Е. Нуссе, Ш. Іто, Ш. Танака, Ф. Такенс, С. Банерджі, С. Гребоджі, Е. Мозекільде, Ж. Т. Жусубалієв, К. Міра, Л. Гардіні, Дж. І. Біскі, А. Альярі, В. Аврутін, І. Сушко, Ю. Майстренко. Незважаючи на велику кількість робіт за тематикою, теорія

біфуркацій для кусково-гладких відображень ще далека від завершення та потребує ретельного дослідження нових явищ. В даній роботі за допомогою методів теорії стійкості, теорії біфуркацій та хаосу вивчаються одно- та маловимірні відображення, а також відображення вищої розмірності, які моделюють важливі задачі радіо-електроніки, економіки, екології, психології розвитку та інших суспільних наук. Для таких відображень досліджуються стійкі нерухомі та періодичні точки, притягуючі гладкі та негладкі інваріантні криві, хаотичні атрактори різної конфігурації, області поглинання незмішаного та змішаного типів, ретельно аналізуються локальні та глобальні аспекти їх біфуркацій, для деяких з яких будуються нормальні форми в загальному випадку та у випадку корозмірності два, також описуються біфуркаційні структури у відповідних просторах параметрів. Зокрема, вперше було одержано низку нових важливих наукових результатів: 1) Для одновимірних кусково-лінійних неперервних відображень з двома межовими точками отримано необхідні і достатні умови для існування стійких циклів будь-якого періоду та достатні умови для існування хаотичних атракторів; у просторі параметрів вичерпно описано три біфуркаційні структури, дві з яких є узагальненнями уже відомих, а третю виявлено вперше. 2) Для одновимірних кусково-монотонних відображень з двома точками розриву виявлено дві нові біфуркації хаотичних атракторів, які відбуваються завдяки контакту двох різних критичних точок та не мають відношення до жодних критичних гомоклінічних орбіт; отримано достатні умови для виникнення таких біфуркацій та описано пов'язану з ними біфуркаційну структуру нового типу. 3) Для двовимірних кусково-гладких неперервних відображень певної форми отримано достатні умови існування притягуючої замкненої інваріантної негладкої кривої, яка складається з сегментів критичних множин різного рангу; показано, що звуження вихідного двовимірного відображення на цю криву задається одновимірним відображенням першого повернення, яке має принаймні одну точку зламу та принаймні одну точку розриву. 4) Для тривимірних кусково-гладких неперервних відображень певної форми, які мають нескінчену кількість нерухомих точок, доведено, що їх асимптотична динаміка якісно описується одновимірним відображенням типу Райкера. 5) Для двовимірних необоротних кусково-гладких відображень, що мають дробово-раціональні члени в обох компонентах системної функції, виявлено фокальну точку (в якій функція має невизначеність $0/0$), що належить своїй префокальній множині, та показано, що вона може мати басейн притягання додатної міри.

2. The thesis is devoted to studying properties and bifurcations of asymptotic solutions for a wide range of noninvertible continuous and discontinuous piecewise smooth maps, many of which represent models of various real phenomena. The study of non-smooth dynamical systems gained popularity at the end of the last century in response to the growing demands from different applied fields of science. Since the mathematical analysis for processes involving friction, chattering, grazing, sliding, collisions, intermittency fall outside the classical methodology for smooth dynamical systems, there was a need in developing new approaches and theories. Piecewise smooth systems demonstrate much more interesting asymptotic dynamics than smooth ones, largely due to the fact that there are sets in the phase space on which the system function is non-differentiable, and in some cases, even undefined. This scientific area is associated with the works of many famous scientists, such as J. A. Yorke, H. E. Nusse, S. Ito, S. Tanaka, F. Takens, S. Banerjee, C. Grebogi, E. Mosekilde, Zh. T. Zhusubaliyev, C. Mira, L. Gardini, G. I. Bischi, A. Agliari, V. Avrutin, I. Sushko, Yu. Maistrenko. Despite the large number of works on the topic, the theory of bifurcations for piecewise smooth maps is still far from being complete and requires a thorough study of new phenomena. In this work, using methods of stability theory, bifurcation and chaos theory, one- and low-dimensional maps, as well as higher-dimensional maps, which model important problems in engineering, economics, ecology, developmental psychology and other social sciences, are studied. For such maps, we investigate stable fixed and periodic points, attracting smooth and non-smooth invariant curves, chaotic attractors of various configurations, absorbing areas of non-mixed and mixed types; we carefully analyse local and global aspects of the related bifurcations, for some of which we construct normal forms in general case and in case of codimension two; we also describe bifurcation structures in the respective parameter spaces. In particular, a number of new important scientific results were obtained: 1) For one-dimensional piecewise linear continuous maps with two border points, the necessary and the sufficient conditions for the existence of stable cycles of any period and the sufficient conditions for the existence of chaotic attractors have been obtained; in the parameter

space, three bifurcation structures have been exhaustively described, two of which are generalisations of already known ones, and the third one is discovered for the first time. 2) For one-dimensional piecewise monotone maps with two discontinuity points, two novel bifurcations of chaotic attractors have been discovered, which occur due to the contact of two different critical points and are not related to any critical homoclinic orbits; the sufficient conditions for the occurrence of such bifurcations have been obtained and the associated bifurcation structure of new kind has been described. 3) For two-dimensional piecewise smooth continuous maps of a certain form, the sufficient conditions for the existence of an attracting closed invariant non-smooth curve consisting of segments of critical sets of different ranks have been obtained; it has been shown that the restriction of the original two-dimensional map to this curve is given by a one-dimensional first return map, which has at least one kink point and at least one discontinuity point. 4) For three-dimensional piecewise smooth continuous maps of a certain form, which have an infinite number of fixed points, it has been proved that their asymptotic dynamics is qualitatively described by a one-dimensional Ricker-type map. 5) For two-dimensional noninvertible piecewise smooth maps, which have fractional-rational terms in both components of the system function, a focal point (at which the function has uncertainty $0/0$) belonging to its prefocal set has been found; moreover, it has been shown that this focal point can have a basin of attraction of positive measure.

Державний реєстраційний номер ДіР: 0111U002035; 0116U003121; 0120U100191; 0107U002027; 0111U010373; 0117U002119; 0120U100180; 0122U000670; 0123U100853

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Фундаментальні наукові дослідження з найбільш важливих проблем розвитку науково-технічного, соціально-економічного, суспільно-політичного, людського потенціалу для забезпечення конкурентоспроможності України у світі та сталого розвитку суспільства і держави

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Не застосовується

Підсумки дослідження: Новий напрямок у науці і техніці

Публікації:

- Campisi G., Panchuk A., Tramontana F. A discontinuous model of exchange rate dynamics with sentiment traders. *Ann. Oper. Res.* 2024, 337, 913–935, <https://doi.org/10.1007/s10479-023-05387-2>.
- Avrutin V., Panchuk A., Sushko I. Can a border collision bifurcation of a chaotic attractor lead to its expansion? *Proc. R. Soc. A* 2023, 479, 20230260, <https://doi.org/10.1098/rspa.2023.0260>.
- Panchuk A., Sushko I., Michetti E., Coppier R. Revealing bifurcation mechanisms in a 2D nonsmooth map by means of the first return map. *Commun. Nonlinear Sci. Numer. Simul.* 2023, 117, 106946, <https://doi.org/10.1016/j.cnsns.2022.106946>.
- Avrutin V., Panchuk A., Sushko I. Border collision bifurcations of chaotic attractors in one-dimensional maps with multiple discontinuities. *Proc. R. Soc. A* 2021, 477, 20210432, <https://doi.org/10.1098/rspa.2021.0432>.
- Panchuk A., Westerhoff F. Speculative behavior and chaotic asset price dynamics: On the emergence of a bandcount accretion bifurcation structure. *Disc. Cont. Dyn. Sys. B* 2021, 26(11), 5941–5964, <https://doi.org/10.3934/dcdsb.2021117>.
- Cerboni Baiardi L., Panchuk A. Global dynamic scenarios in a discrete-time model of renewable resource exploitation: a mathematical study. *Nonlin. Dyn.* 2020, 102, 1111–1127, <https://doi.org/10.1007/s11071-020-05898-8>.
- Cerboni Baiardi L., Naimzada A., Panchuk A. Endogenous desired debt in a Minskyan business model. *Chaos Soliton. Fract.* 2020, 131, 109470, <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2019.109470>.
- Merlone U., Panchuk A., van Geert P. Modeling learning and teaching interaction by a map with vanishing denominators: Fixed points stability and bifurcations. *Chaos Soliton. Fract.* 2019, 126, 253–265, <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2019.06.008>.

- Panchuk A., Sushko I., Westerhoff F. A financial market model with two discontinuities: bifurcation structures in the chaotic domain. *Chaos* 2018, 28, 055908, <https://doi.org/10.1063/1.5024382>.
- Panchuk A., Puu T. Dynamics of a durable commodity market involving trade at disequilibrium. *Commun. Nonlinear Sci. Numer. Simul.* 2018, 58, 2–14, <https://doi.org/10.1016/j.cnsns.2017.08.003>.
- Panchuk A., Sushko I., Avrutin V. Bifurcation structures in a bimodal piecewise linear map. *Front. Appl. Math. Stat.* 2017, 3, 1–7, <https://doi.org/10.3389/fams.2017.00007>.
- Cánovas J., Panchuk A., Puu T. Asymptotic dynamics of a piecewise smooth map modelling a competitive market. *Math. Comp. Simul.* 2015, 117, 20–38, <https://doi.org/10.1016/j.matcom.2015.05.004>.
- Foroni I., Avellone A., Panchuk A. Sudden transition from equilibrium stability to chaotic dynamics in a cautious tâtonnement model. *Chaos Soliton. Fract.* 2015, 79, 105–115, <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2015.05.013>.
- Panchuk A., Sushko I., Avrutin V. Bifurcation structures in a bimodal piecewise linear map: Chaotic dynamics. *Int. J. Bif. Chaos* 2015, 25(3), 1530006, <https://doi.org/10.1142/S0218127415300062>.
- Panchuk A., Puu T. Oligopoly model with recurrent renewal of capital revisited. *Math. Comp. Simul.* 2015, 108, 119–128, <https://doi.org/10.1016/j.matcom.2013.09.007>.
- Panchuk A., Sushko I., Schenke B., Avrutin V. Bifurcation structures in a bimodal piecewise linear map: Regular dynamics. *Int. J. Bif. Chaos* 2013, 23(12), 1330040, <https://doi.org/10.1142/S0218127413300401>.
- Panchuk A., Rosin D. P., Hövel P., Schöll E. Synchronization of coupled neural oscillators with heterogeneous delays. *Int. J. Bif. Chaos* 2013, 23(12), 1330039, <https://doi.org/10.1142/S0218127413300395>.
- Panchuk A., Puu T. Stability in a non-autonomous iterative system: An application to oligopoly. *Comp. Math. Appl.* 2009, 58(10), 2022–2034, <https://doi.org/10.1016/j.camwa.2009.06.048>.
- Puu T., Panchuk A. Oligopoly and stability. *Chaos Soliton. Fract.* 2009, 41(5), 2505–2516, <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2008.09.037>.
- Dahlem M. A., Hiller G., Panchuk A., Schöll E. Dynamics of delay-coupled excitable neural systems. *Int. J. Bif. Chaos* 2009, 19(2), 745–753, <https://doi.org/10.1142/S0218127409023111>.
- Panchuk A., Puu T. Cournot equilibrium stability in a non-autonomous system modeling the oligopoly market. *Grazer Math. Ber.* 2009, 354, 201–218.

Наукова (науково-технічна) продукція: методи, теорії, гіпотези

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПВ:

Впровадження результатів дисертації: Впровадження не планується

Зв'язок з науковими темами: 0111U002035; 0116U003121; 0120U100191; 0107U002027; 0111U010373; 0117U002119; 0120U100180; 0122U000670; 0123U100853

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Бурилко Олександр Андрійович
2. Oleksandr Burylko

Кваліфікація: д. ф.-м. н., с.д., 01.01.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-0359-1224

Додаткова інформація: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=12544587000>;
<https://scholar.google.com.ua/citations?user=rZS9DuMAAAAJ&hl=en>

Повне найменування юридичної особи: Інститут математики Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417207

Місцезнаходження: вул. Терещенківська, буд. 3, Київ, 01024, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Бурилко Олександр Андрійович

2. Oleksandr Burylko

Кваліфікація: д. ф.-м. н., с.д., 01.01.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-0359-1224

Додаткова інформація: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=12544587000>;
<https://scholar.google.com.ua/citations?user=rZS9DuMAAAAJ&hl=en>

Повне найменування юридичної особи: Інститут математики Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417207

Місцезнаходження: вул. Терещенківська, буд. 3, Київ, 01024, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Черевко Ігор Михайлович

2. Ihor Cherevko

Кваліфікація: д.ф.-м.н., професор, 01.01.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-2690-2091

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

Код за ЄДРПОУ: 02071240

Місцезнаходження: вул. Коцюбинського, буд. 2, Чернівці, 58012, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Хусаїнов Денис Ях'евич

2. Denys Khusainov

Кваліфікація: д.ф.-м.н., професор, 01.01.09

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-5648-2999

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Код за ЄДРПОУ: 02070944

Місцезнаходження: вул. Володимирська, буд. 60, Київ, 01033, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Швець Олександр Юрійович

2. Oleksandr Shvets

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.01.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-0330-5136

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Рецензенти

VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради**

Ванеєва Олена Олександрівна

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні**

Ванеєва Олена Олександрівна

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Артемиченко Жанна Яківна

Реєстратор

УкрІНТЕІ

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна