Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0524U000416

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 02-12-2024

Статус: Запланована

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:

II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Богаєнко Всеволод Олександрович
2. Vsevolod O. Bohaienko

Кваліфікація: к. т. н., 01.05.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-3317-9022

Вид дисертації: доктор наук

Аспірантура/Докторантура: ні

Шифр наукової спеціальності: 01.05.02

Назва наукової спеціальності: Математичне моделювання та обчислювальні методи

Галузь / галузі знань: Не застосовується

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Не застосовується

Дата захисту: 22-11-2024

Спеціальність за освітою: Програмне забезпечення автоматизованих систем

Місце роботи здобувача: Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417176

Місцезнаходження: проспект Академіка Глушкова, буд. 40, Київ, 03187, 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): Д 26 194.02

Повне найменування юридичної особи: Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417176

Місцезнаходження: проспект Академіка Глушкова, буд. 40, Київ, 03187, 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 кібернетики імені В. М. Глушкова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417176

Місцезнаходження: проспект Академіка Глушкова, буд. 40, Київ, 03187, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 28.17.19, 28.17.23

Тема дисертації:

1. Математичне та комп'ютерне моделювання гідрогеоміграційних процесів з некласичною динамікою на основі високопродуктивних обчислювальних алгоритмів

2. Mathematical and computer modeling of hydrogeomigration processes with non-classical dynamics based on high-performance computational algorithms

Реферат:

1. Богаєнко В. О. Математичне та комп'ютерне моделювання гідрогеоміграційних процесів з некласичною динамікою на основі високопродуктивних обчислювальних алгоритмів. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора фізико-математичних наук за спеціальністю 01.05.02 "Математичне моделювання та обчислювальні методи" (11 – Математика та статистика). – Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова НАН України, Київ, 2024. Дисертаційна робота присвячена розвитку засобів математичного моделювання аномальних гідрогеоміграційних процесів на основі дробово-диференціального підходу та підвищенню обчислювальної ефективності при їх комп'ютерному моделюванні. У роботі вперше побудовані дробово-диференціальні математичні моделі та

здійснено моделювання серії нелокальних процесів конвективної дифузії та фільтраційної консолідації. Стосовно розроблених моделей, побудовано клас високопродуктивних алгоритмів розв'язання початково-крайових задач. У роботі також розглядаються питання ідентифікації параметрів розроблених моделей. Комплексно застосовуючи на практиці отримані результати вирішені задачі моделювання вологоперенесення при зрошенні дощуванням в складних гідрогеологічних умовах. У першому розділі наведено деякі відомості про сучасний стан розвитку апарату дробового інтегро-диференціювання, а також відповідних математичних моделей міграційних процесів. У другому розділі наведені результати математичного моделювання процесів конвективної дифузії у двовимірному наближені на основі моделей, що містять похідні дробового порядку за часовою змінною. У третьому розділі наводяться результати математичного моделювання процесів фільтраційної консолідації ґрунтів у одновимірному наближенні на основі дробово-диференціальних моделей. Четвертий розділ присвячено математичному моделюванню нелокальних конвективно-дифузійних процесів при врахуванні явищ масообміну між частинками у мобільній та немобільній фазах згідно з різними законами кінетики масообміну. У п'ятому розділі розглядаються оптимізовані обчислювальні схеми, зокрема паралельні алгоритми, для одно- та багатовимірних задач моделювання геоміграційних процесів, що містять похідні Капуто–Герасимова та Капуто–Фабріціо. Запропоновано серію паралельних алгоритмів для систем з розподіленою пам'яттю для локально-одновимірних схем розщеплення у яких був використаний червоно-чорний двовимірний блоковий розподіл даних. Розроблено паралельні алгоритми для графічних процесорів (GPU) у випадку моделей з похідними Капуто–Герасимова як за часовою, так і за просторовими змінними. Для збільшення швидкодії обчислювальних схем моделювання процесів тепло- та масоперенесення на основі моделей з похідною Капуто–Герасимова запропонована процедура її наближення з заданою точністю на основі розкладення у ряди та методики розділення змінних та відповідні паралельні алгоритми. У шостому розділі обчислювальну схему, що базується на розкладанні у ряди ядра інтегрального оператора, розроблено для дробово-диференціальних рівнянь, що містять □-похідну Капуто. Для досягнення додаткового прискорення проведення обчислень, була запропонована серія GPU-алгоритмів. Для випадку тривимірної моделі аномальної дифузії з □-похідними Капуто за просторовими змінними також побудовані та досліджені паралельні алгоритми для систем з розподіленою пам'яттю. Для тривимірного рівняння дифузії з □-похідними Капуто як за часом, так і за просторовими змінними досліджено точність та швидкодію неявних скінченно-різницевих схем та схем розщеплення при їх застосуванні разом з алгоритмами, направленими на підвищення швидкодії проведення обчислень. На основі отриманих оцінок точності та швидкодії представлено алгоритм автоматичного вибору оптимальної обчислювальної схеми. Підхід розкладення у ряди з подальшим розділенням змінних був застосований також для побудови схеми обчислення значень похідної Атангана–Балеану. Сьомий розділ присвячено алгоритмам розв'язання задачі ідентифікації параметрів дробово-диференціальних рівнянь. Розглядається узагальнене рівняння вологоперенесення у термінах напорів, яке містить □-похідні Капуто за часовою та просторовою змінними. Для розв'язання задачі знаходження значень числових параметрів моделі пропонуються алгоритм методу рою частинок та генетичного програмування. У восьмому розділі наводяться результати дробово-диференціального моделювання вологоперенесення при розв'язанні задач, що виникають у землеробстві при управлінні зрошенням.

2. Bohaienko V. O. Mathematical and computer modeling of hydrogeomigration processes with non-classical dynamics based on high-performance computational algorithms. – Qualifying scientific work under the rights of a manuscript. The dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Physical and Mathematical Sciences by specialty 01.05.02 "Mathematical modeling and computational methods" (11 – Mathematics and statistics). – V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, 2024. The dissertation is devoted to the development of mathematical modeling tools for anomalous hydrogeomigration processes based on the fractional-differential approach and to the increase of computational efficiency in computer modeling. In the work, fractional-differential mathematical models were built and simulations of a series of non-local processes of convective diffusion and filtration-consolidation were carried out for the first time. For the developed models a

class of high-performance algorithms for solving initial-boundary problems has been built. The dissertation also considers parameter identification problems for the developed models. By comprehensively applying the obtained results in practice, the problems of modeling moisture transport under sprinkler irrigation in complex hydrogeological conditions are solved. In the first chapter, information on the current state of development of the apparatus of fractional integro-differentiation and the corresponding mathematical models of migration processes is given. In the second chapter we present the results of mathematical modeling of convective diffusion processes in a two-dimensional setting based on the models with time-fractional derivatives. The third chapter presents the results of mathematical modeling of soil filtration-consolidation processes in one-dimensional setting based on fractional-differential models. The fourth chapter is dedicated to the mathematical modeling of non-local convective diffusion processes taking into account the phenomenon of mass transfer between particles in mobile and immobile phases according to different laws of mass transfer kinetics. In the fifth chapter we consider optimized computational schemes, in particular parallel algorithms, for one- and multidimensional problems of modeling geomigration processes, containing the Caputo–Gerasimov and Caputo–Fabrizio derivatives. A series of parallel algorithms for distributed memory systems is proposed for locally one-dimensional splitting schemes in which red-black 2D block distribution of data is used. Parallel algorithms for graphic processors (GPUs) have been developed for the models with Caputo–Gerasimov derivatives for both the time and spatial variables. To increase the speed of computational schemes for modeling heat and mass transfer processes based on the models with the Caputo–Gerasimov derivative for the time variable, a procedure for its approximation with a given accuracy based on expansion into series and variable separation techniques along with corresponding parallel algorithms are proposed. In the sixth chapter, a computational scheme based on the expansion into series of integral operators' kernels is developed for fractional-differential equations containing the □-Caputo derivative. In order to achieve additional acceleration of computations, we propose a series of GPU-algorithms. For the case of the three-dimensional model of anomalous diffusion with the □-Caputo derivatives for the spatial variables, parallel algorithms for distributed memory systems are also constructed and studied. For the three-dimensional diffusion equation with the □-Caputo derivatives for both the time and spatial variables, the accuracy and speed of implicit finite-difference schemes and splitting schemes when applied together with the algorithms aimed at increasing the speed of computations were studied. Based on the obtained accuracy and speed estimates, an algorithm for automatic selection of the optimal computational scheme is presented. The approach of the expansion into series with subsequent separation of variables is also used to construct a scheme for calculating the values of the Atangana–Baleanu derivative. The seventh chapter is devoted to the algorithms for solving parameters identification problems for fractional-differential equations. We consider the generalized moisture transport equation stated in terms of pressure that contains the □-Caputo derivatives for the time and space variables. To solve the problem of finding the values of model's numerical parameters the particle swarm optimization and genetic programming algorithm. The eighth chapter presents the results of fractional-differential modeling of moisture transport when solving problems that arise in agriculture during irrigation management.

Державний реєстраційний номер ДіР:

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: Освоєння нових технологій транспортування енергії, впровадження енергоефективних, ресурсозберігаючих технологій, освоєння альтернативних джерел енергії

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- Bulavatsky VM, Bohaienko VO. Mathematical Modeling of the Fractional Differential Dynamics of the Relaxation Process of Convective Diffusion Under Conditions of Planned Filtration. Cybernetics and Systems Analysis 2015; 51:886–895. doi: 10.1007/s10559-015-9781-2 [Scopus, Web of Science, zbMATH]
- Bulavatsky VM, Bohaienko VO. Mathematical Modeling of the Dynamics of Nonequilibrium in Time Convection–Diffusion Processes in Domains with Free Boundaries. Cybernetics and Systems Analysis 2016; 52:427–440. doi: 10.1007/s10559-016-9843-0 [Scopus, Web of Science, zbMATH, MathSciNet]
- Bohaienko VO, Bulavatsky VM, Kryvonos IuH. On Mathematical modeling of Fractional-Differential Dynamics of Flushing Process for Saline Soils with Parallel Algorithms. Journal of Automation and Information Sciences 2016; 10:1-12. doi: 10.1615/JautomatInfScien.v48.i10.10 [Scopus]
- Булавацкий ВМ, Богаенко ВА. Численное моделирование дробнодифференциальной динамики процесса фильтрационно-конвективной диффузии на основе параллельных алгоритмов для кластерных систем. Доповіді НАНУ 2017; 1: 21-28. doi: 10.15407/dopovidi2017.01.021 [zbMATH, MathSciNet]
- Bohaienko VO, Bulavatsky VM, Kryvonos IuH. Mathematical Modeling of Fractional-Differential Dynamics of Process of Filtration-Convective Diffusion of Soluble Substances in Nonisothermal Conditions. Journal of Automation and Information Sciences 2017; 49(4):12-25. doi: 10.1615/JautomatInfScien.v49.i4.20 [Scopus, MathSciNet]
- Bulavatsky VM, Bohaienko VO. Numerical Simulation of Fractional-Differential Filtration-Consolidation Dynamics Within the Framework of Models with Non-Singular Kernel. Cybernetics and Systems Analysis 2018; 54:193–204. doi: 10.1007/s10559-018-0020-5 [Scopus, Web of Science, zbMATH, MathSciNet]
- Булавацкий ВМ, Богаенко ВА. Компьютерное моделирование дробнодифференциальной динамики некоторых фильтрационно-консолидационных процессов. Доповіді НАНУ 2018; 4:16-24. doi: 10.15407/dopovidi2018.04.016 [MathSciNet]
- Bohaienko VO. Parallel Algorithms for Modelling Two-Dimensional NonEquilibrium Salt Transfer Processes on the Base of Fractional Derivative Model. Fractional calculus and applied analysis 2018; 21(3):654–671. doi: 10.1515/fca-2018-0035 [Scopus, Web of Science, zbMATH, MathSciNet]
- Bohaienko VO, Bulavatsky VM. Mathematical Modeling of Solutes Migration Under the Conditions of Groundwater Filtration by the Model with the k-Caputo Fractional Derivative. Fractal Fract. 2018; 2(4):28. doi: 10.3390/fractalfract2040028 [Scopus, Web of Science]
- Bohaienko VO. Numerical schemes for modelling time-fractional dynamics of non-isothermal diffusion in soils. Mathematics and Computers in Simulation 2019; 157: 100–114. doi: 10.1016/j.matcom.2018.09.025 [Scopus, Web of Science, DBLP, zbMATH, MathSciNet]
- Булавацкий ВМ, Богаенко ВА. Компьютерное моделирование динамики процесса миграции растворимых веществ при фильтрации грунтовых вод со свободной поверхностью на основе дробно-дифференциального подхода. Доповіді НАНУ 2018; 12:21-29. doi: 10.15407/dopovidi2018.12.021 [zbMATH, MathSciNet]
- Bohaienko VO. A fast finite-difference algorithm for solving space-fractional filtration equation with a generalised Caputo derivative. Computational and Applied Mathematics 2019; 38:105. doi: 10.1007/s40314-019-0878-5 [Scopus, Web of Science, DBLP, zbMATH, MathSciNet]
- Богаенко ВА, Булавацкий ВМ. Компьютерное моделирование на основе нелокальной модели динамики конвективной диффузии растворимых веществ в подземном фильтрационном потоке в условиям массообмена. Международный научно-технический журнал "Проблемы управления и информатики" 2019; 3:41-53.
- Bohaienko VO, Bulavatsky VM. Simplified Mathematical Model for the Description of Anomalous Migration of Soluble Substances in Vertical Filtration Flow. Fractal Fract. 2020; 4: 20. doi: 10.3390/fractalfract4020020 [Scopus, Web of Science]
- Bulavatsky VM, Bohaienko VO. Some boundary-value problems of fractionaldifferential mobile-immobile migration dynamics in a profile filtration flow. Cybernetics and Systems Analysis 2020; 56(3): 410–425. doi: 10.1007/s10559-020-00257-2 [Scopus, Web of Science, zbMATH, MathSciNet]

- Bohaienko VO. Parallel finite-difference algorithms for three-dimensional space-fractional diffusion equation with □-Caputo derivatives. Computational and Applied Mathematics 2020; 39:163. doi: 10.1007/s40314-020-01191-x [Scopus, Web of Science, DBLP, zbMATH, MathSciNet]
- Bohaienko VO, Gladky AV, Romashchenko MI, Matiash TV. A Identification of fractional water transport model with □-Caputo derivatives using particle swarm optimization algorithm. Applied Mathematics and Computation 2021; 390:125665. doi: 10.1016/j.amc.2020.125665 [Scopus, Web of Science, DBLP, zbMATH, MathSciNet]
- Bohaienko VO. Accuracy and speed of splitting methods for three-dimensional space-time fractional diffusion equation with □-Caputo derivatives. Mathematics and Computers in Simulation 2021; 188: 226-240. doi: 10.1016/j.matcom.2021.04.004 [Scopus, Web of Science, DBLP, zbMATH, MathSciNet]
- Bohaienko VO. On the recurrent computation of fractional operator with Mittag-Leffler kernel. Applied Numerical Mathematics 2021; 162: 137-149. doi: 10.1016/j.apnum.2020.12.016 [Scopus, Web of Science, zbMATH, MathSciNet]
- Bohaienko VO. Selection of □-Caputo derivative functional parameter in generalized water transport equation by genetic programming technique. Results in Control and Optimization 2021; 5: 100068. doi: 10.1016/j.rico.2021.100068 [Scopus, Web of Science]
- Bohaienko VO, Bulavatsky VM. Fractional-fractal modeling of filtrationconsolidation processes in saline saturated soils. Fractal and Fractional 2020; 4(4): 59. doi: 10.3390/fractalfract4040059 [Scopus, Web of Science]
- Bohaienko V, Gladky A. Modelling fractional-order moisture transport in irrigation using artificial neural networks. SeMA 2023. doi: 10.1007/s40324-023-00322-8 [Scopus]
- Богаєнко ВО, Булавацький ВМ, Хіміч ОМ. Математичне та комп'ютерне моделювання в задачах гідрогеоміграційної динаміки. Київ: Наукова Думка, 2022.
- Bohaienko VO. Numerical Integration Schemes for Finite Difference Solution of Time-Fractional Diffusion Equation with Generalized Caputo Derivative. "Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання"; матеріали статей Міжнародної науково-практичної конференції, м. Івано-Франківськ, 14-19 травня 2018 року. Івано-Франківськ: п. Голіней О.М., 2018, с.250-253.
- Bohaienko VO, Bulavatsky VM, Gladky AV. GPU algorithms for solving timefractional diffusion equation with generalised Caputo derivative with respect to a function. Fifth International Conference "High Performance Computing" HPC-UA 2018 (Ukraine, Kyiv, October 22-23, 2018), 2018, p.12-17.
- Bohaienko VO. Efficient computation schemes for generalized twodimensional time-fractional diffusion equation. "Інформаційні технології та комп'ютерне моделювання"; матеріали статей Міжнародної науково-практичної конференції, м. Івано-Франківськ, 20-25 травня 2019 року. Івано-Франківськ: п. Голіней О.М., 2019, с.238-241.
- Bohaienko VO. Performance of vectorized GPU-algorithm for computing □Caputo derivative values. Hu Z., Petoukhov S., Dychka I., He M. (eds) Advances in Computer Science for Engineering and Education III. ICCSEEA 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1247. Cham: Springer, 2020, p. 266-275 doi: 10.1007/978-3-030-55506-1_24 [Scopus]
- Bohaienko VO. Computing □-Caputo Fractional Derivative Values Using CUDA 10. Proceedings of the 9th International Conference "Information Control Systems & Technologies" Odessa, Ukraine, September 24–26, 2020. CEUR Workshop proceedings, vol. 2711, 2020, p. 49. [Scopus, DBLP]
- Bohaienko VO, Gladky AV. On the selection of fractional-differential model of convective diffusion with mass exchange. Modeling, Control and Information Technologies: Proceedings of International Scientific and Practical Conference 2020; 4:7- 10. doi: 10.31713/MCIT.2020.02

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

Соціально-економічна спрямованість: поліпшення стану навколишнього середовища

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Планується до впровадження

Зв'язок з науковими темами: 0119U002276, 0114U002093, 0117U000471, 0118U005230, 0120U103580, 0122U200449

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Петрик Михайло Романович
2. Mykhaylo R. Petryk

Кваліфікація: д.ф.-м.н., професор, 01.05.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-6612-7213

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Код за ЄДРПОУ: 05408102

Місцезнаходження: вул. Руська, буд. 56, Тернопіль, Тернопільський р-н., 46001, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Дорошенко Анатолій Юхимович
2. Anatoliy Y. Doroshenko

Кваліфікація: д.ф.-м.н., професор, 01.05.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-8435-1451

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: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Дияк Іван Іванович

2. Ivan I. Dyyak

Кваліфікація: д. ф.-м. н., професор, 01.05.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-5841-2604

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Львівський національний університет імені Івана Франка

Код за ЄДРПОУ: 02070987

Місцезнаходження: вул. Університетська, буд. 1, Львів, 79000, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Попов Олександр Володимирович

2. Oleksandr V. Popov

Кваліфікація: д. ф.-м. н., старший науковий співробітник, 01.05.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-1217-2534

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417176

Місцезнаходження: проспект Академіка Глушкова, буд. 40, Київ, 03187, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Стецюк Петро Іванович

2. Petro I. Stetsyuk

Кваліфікація: д. ф.-м. н., старший науковий співробітник, 01.05.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-4036-2543

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417176

Місцезнаходження: проспект Академіка Глушкова, буд. 40, Київ, 03187, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Тульчинський Вадим Григорович
2. Vadim H. Tulchinsky

Кваліфікація: д. ф.-м. н., старший науковий співробітник, 01.05.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-0280-223X

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут кібернетики імені В. М. Глушкова Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417176

Місцезнаходження: проспект Академіка Глушкова, буд. 40, Київ, 03187, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові голови ради	Сергієнко Іван Васильович
Власне Прізвище Ім'я По-батькові головуючого на засіданні	Хіміч Олександр Миколайович
Відповідальний за підготовку облікових документів	Терлецький Дмитро Олександрович
Реєстратор	УкрІНТЕІ

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є відповідальним за реєстрацію наукової діяльності

Юрченко Тетяна Анатоліївна