

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U005171

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 07-09-2026

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Новохатько Ігор Олександрович

2. Ihor Novokhatko

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-1170-2481

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 122

Назва наукової спеціальності: Комп'ютерні науки

Галузь / галузі знань: інформаційні технології

Шифр наукової спеціальності: 122

Назва наукової спеціальності: Комп'ютерні науки

Галузь / галузі знань: інформаційні технології

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: 25599 Комп'ютерні науки та інформаційні технології

Дата захисту: 10-09-2026

Спеціальність за освітою: 122 Комп'ютерні науки

Місце роботи здобувача: Організація відсутня

Код за ЄДРПОУ: 000000000

Місцезнаходження: -----, Київ, 00000, Україна

Форма власності: Змішана

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 15874

Повне найменування юридичної особи: Сумський державний університет

Код за ЄДРПОУ: 05408289

Місцезнаходження: вул. Харківська, Суми, Сумський р-н., 40007, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

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

Повне найменування юридичної особи: Сумський державний університет

Код за ЄДРПОУ: 05408289

Місцезнаходження: вул. Харківська, Суми, Сумський р-н., 40007, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 20.53.17, 20.53.19, 20.54.04

Тема дисертації:

1. Інформаційна технологія генерації 3D моделей в 4-х вимірному просторі
2. Information technology for generating 3D models in 4-dimensional space

Реферат/анотація:

1. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» (12 – Інформаційні технології). – Сумський державний університет, Міністерство освіти і науки України, Суми, 2026. Дисертаційну роботу присвячено розв'язанню актуальної науково-прикладної задачі автоматизованої генерації, трансформації та зберігання складних геометричних моделей у чотиривимірному (4D) просторі шляхом розроблення інтелектуальної інформаційної технології, що об'єднує методи проективної геометричної алгебри, інкрементальної топології та адаптивного стиснення даних. У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та задачі дослідження, визначено об'єкт і предмет, розкрито наукову новизну та практичну значущість результатів, наведено особистий внесок здобувача, достовірність результатів, перелік публікацій та результати апробації. Перший розділ присвячено аналізу сучасних підходів до геометричного моделювання у багатовимірних просторах та впровадження чотиривимірних-інформаційних технологій у наукову практику. Оцінено сильні та слабкі сторони існуючих систем репрезентації меж (Boundary Representation) та матричних перетворень, що дозволило сформулювати

вимоги до подальших досліджень. Здійснено порівняльний аналіз результативності застосування традиційної лінійної алгебри та матриць 5×5 в області автоматизованої багатовимірної трансформації. Акцентовано увагу на ключовій ролі явища «прокляття розмірності» як бар'єру для ефективної роботи зі складними топологічними маніфольдами. Розглянуто актуальні питання, пов'язані з виникненням топологічних сингулярностей та накопиченням похибок округлення (Floating-point Drift). У результаті зроблено висновок про нагальну потребу у створенні нової інформаційної технології для генерації чотиривимірних-об'єктів, яка б гармонійно поєднувала високу обчислювальну точність зі здатністю ефективно стискати багатовимірні дані, що і становить основу для подальших наукових пошуків. У другому розділі сформульовано математичну модель технології управління чотиривимірною-геометрією на основі поєднання методів абстрактних клітинних комплексів та проективної геометричної алгебри (PGA). Обґрунтовано доцільність використання алгебри Кліффорда $Cl\left(4,0,1\right)$ та мультивекторних моторів для виконання просторових ізометрій. Запропоновано унікальні математичні моделі процедурної чотиривимірної-екструзії, включаючи лінійну, ізогональне гвинтове (Twist) скручування та гармонійну синусоїдальну (Sine) деформацію, що дозволяє формалізувати просторові трансформації без ризику виникнення топологічних розривів. Через неефективність класичних методів розрахунку гіпернормалей для складних багатовимірних маніфольдів обґрунтовано вибір стратегії геометричної дуальності на базі оператора зірки Ходжа. Розроблено чотирирівневу ієрархію представлення політопа (Vertex-Edge-Face-Cell) із застосуванням тетраедрів як базових комірок для підвищення маніфольдності моделей. Додатково здійснено дослідження інваріантних операторів формування 3D-проекцій та динамічних W-зрізів (W-slicing), що лягли в основу формування обчислювального апарату інформаційної технології генерації політопів. У третьому розділі розроблено метод формування та зберігання чотиривимірних-структур на основі процедурної екструзії, який використовує прецизійний алгоритм відновлення початкової геометрії (Mesh Healing) як результат ліквідації дефектів вихідних тривимірних сіток. Для роботи з багатовимірними даними побудовано інноваційний формат представлення з гнучкою чанковою (chunk) архітектурою, що фізично розділяє координати, топологію та атрибути. Запропоновано метод редукції об'єму даних за допомогою адаптивного дельта-кодування та бітового пакування (bit-packing). Проведено повний цикл оцінювання алгоритмів аналітичного аудиту: динамічного W-зрізу через чотиривимірні-октодерева, структурного вибуху комірок (Cell Explosion) та алгоритму ізометричних розгортки (Unfolding). Розроблено структуру інкрементальної топологічної зв'язності, що забезпечує адаптацію системи до динамічних змін параметрів руху без повної регенерації маніфольда та представлено архітектури алгоритмів масштабованої деталізації (4D LOD), які спираються на аналіз розріджених дуальних графів Ходжа. Доведено, що застосування чанкової архітектури та дельта-кодування за рахунок просторової когерентності суміжних тетраедрів мінімізує проблему експоненціального зростання обсягу даних порівняно з традиційним дублюванням геометрії.

2. Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 122 "Computer Science" (12 - Information Technologies). - Sumy State University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Sumy, 2026. The dissertation work is devoted to solving the current scientific and applied problem of automated generation, transformation and storage of complex geometric models in four-dimensional (4D) space by developing an intelligent information technology that combines the methods of projective geometric algebra, incremental topology and adaptive data compression. The introduction substantiates the relevance of the topic, formulates the goal and objectives of the research, defines the object and subject, reveals the scientific novelty and practical significance of the results, provides the personal contribution of the applicant, the reliability of the results, a list of publications and the results of testing. The first section is devoted to the analysis of modern approaches to geometric modeling in multidimensional spaces and the introduction of 4D information technologies into scientific practice. The strengths and weaknesses of existing boundary representation systems and matrix transformations are assessed, which allowed us to formulate requirements for further research. A comparative analysis of the effectiveness of using traditional linear algebra and 5×5 matrices in the field of automated multidimensional transformation is carried out. Attention is focused on the key role of the "curse of dimensionality" phenomenon as a barrier to effective work with complex topological manifolds. Current issues related to the emergence of

topological singularities and the accumulation of rounding errors (Floating-point Drift) are considered. As a result, a conclusion is made about the urgent need to create a new information technology for generating 4D objects, which would harmoniously combine high computational accuracy with the ability to effectively compress multidimensional data, which is the basis for further scientific research. In the second section, a mathematical model of 4D geometry control technology is formulated based on a combination of abstract cell complexes methods and projective geometric algebra (PGA). The feasibility of using Clifford algebra $Cl(4,0,1)$ and multivector motors to perform spatial isometries is substantiated. Unique mathematical models of procedural 4D extrusion are proposed, including linear, isogonal helical (Twist) twisting and harmonic sinusoidal (Sine) deformation, which allows formalizing spatial transformations without the risk of topological discontinuities. Due to the inefficiency of classical methods for calculating hypernormals for complex multidimensional manifolds, the choice of a geometric duality strategy based on the Hodge star operator is justified. A four-level hierarchy of polytope representation (Vertex-Edge-Face-Cell) is developed using tetrahedra as basic cells to increase the manifoldness of models. Additionally, invariant operators for forming 3D projections and dynamic W-slicing (W-slicing) are studied, which formed the basis for the formation of a computing device for the information technology of polytope generation. In the third section, a method for forming and storing 4D structures based on procedural extrusion is developed, which uses a precision algorithm for restoring the initial geometry (Mesh Healing) as a result of eliminating defects in the original three-dimensional meshes. To work with multidimensional data, an innovative representation format with a flexible chunk architecture that physically separates coordinates, topology, and attributes has been built. A method for reducing data volume using adaptive delta coding and bit-packing has been proposed. A full cycle of evaluation of analytical audit algorithms has been carried out: dynamic W-slice through a 4D octotree, structural cell explosion (Cell Explosion), and isometric unfolding algorithm (Unfolding). A structure of incremental topological connectivity has been developed that ensures system adaptation to dynamic changes in motion parameters without full regeneration of the manifold, and architectures of scaled detailing algorithms (4D LOD) based on the analysis of sparse Hodge dual graphs have been presented. It is proven that the use of chunk architecture and delta coding due to the spatial coherence of adjacent tetrahedra minimizes the problem of exponential growth of data volume compared to traditional geometry duplication.

Державний реєстраційний номер ДіР:

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Інформаційні та комунікаційні технології

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Розвиток сучасних інформаційних, комунікаційних технологій, робототехніки

Підсумки дослідження: Теоретичне узагальнення і вирішення важливої наукової проблеми

Публікації:

- Новохатько І.О., Федотова Н.А. Комплексний трактат про чотирирівні обертання: реалізація та інтерполяція за допомогою пар кватерніонів. Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки. 2025. №1(5). С. 240-243. DOI: <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.5.1.25>
- Новохатько І., Федотова Н. Математична основа для розмірної екструзії 3D-моделей у чотирирівні поліхори. Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. 2026. №1 (1;156). С.125-130. DOI: <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2026.1.1.16>
- Новохатько І.О., Федотова Н.А. Процедурна генерація у чотирирівні просторі: від 4D градієнтного шуму до візуалізації кватерніонних фракталів. Системи та технології. 2025. №70(2). С. 154-161. DOI: <https://doi.org/10.32782/2521-6643-2025-2-70.16>
- Федотова Н.А., Новохатько І.О. Організація та оптимізація чотирирівні даних на основі чанкової сегментації та дельта-кодування геометрії. Education and Scientific Progress : proceedings of the International scientific and practical conference (April 24-26, 2026). – Manchester, United Kingdom : naukainfo.com. 2026. P. 48-51. DOI: <https://doi.org/10.64828/conf-117-2026>

- Федотова Н.А., Новохатько І.О. Перспективи інтеграції програмного комплексу 4D Visualiser з сучасними ігровими рушіями. Israel–Ukraine Forum of Science and Innovation : proceedings of the International scientific and practical conference (April 27-29, 2026). Tel Aviv, Israel : naukainfo.com. 2026. P. 99-107. DOI: <https://doi.org/10.64828/conf-118-2026>

Наукова (науково-технічна) продукція: технології; програмні продукти, програмно-технологічна документація; рукопис дисертації

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0120U103071 0125U003432

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Федотова Наталія Анатоліївна

2. Nataliia Fedotova

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.05.17

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-9304-1693

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Сумський державний університет

Код за ЄДРПОУ: 05408289

Місцезнаходження: вул. Харківська, Суми, Сумський р-н., 40007, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Шоман Ольга Вікторівна

2. Olha Shoman

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.01.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-3660-0441

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Тригуба Анатолій Миколайович

2. Anatolii Tryhuba

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.13.22

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-8014-5661

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького

Код за ЄДРПОУ: 00492990

Місцезнаходження: вул. Пекарська, Львів, 79010, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Шовкопляс Оксана Анатоліївна

2. Oksana Shovkopliias

Кваліфікація: к. ф.-м. н., доц., 01.04.07

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-4596-2524

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Сумський державний університет

Код за ЄДРПОУ: 05408289

Місцезнаходження: вул. Харківська, Суми, Сумський р-н., 40007, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Баранова Ірина Володимирівна

2. Iryna Baranova

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.05.17

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-3767-8099

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Сумський державний університет

Код за ЄДРПОУ: 05408289

Місцезнаходження: вул. Харківська, Суми, Сумський р-н., 40007, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради

Павленко Іван Володимирович

Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні

Павленко Іван Володимирович

Відповідальний за підготовку
облікових документів

Бойко Антон Олександрович

Реєстратор

Юрченко Тетяна Анатоліївна

Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності



Юрченко Тетяна Анатоліївна