

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U004196

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 31-07-2026

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: № НСВС/66/26 від 21.09.2026



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кольцов Дмитро Романович

2. Dmytro Koltsov

Кваліфікація: 113

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-0396-7255

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 113

Назва наукової спеціальності: Прикладна математика

Галузь / галузі знань: математика та статистика

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Прикладна математика

Дата захисту: 31-08-2026

Спеціальність за освітою: Прикладна математика

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 16595

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

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

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

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

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 27.21

Тема дисертації:

1. Метод коротаційного балкового сплайна для зіставлення кривих та визначення кутових точок на зображеннях
2. Corotational beam spline method for curve matching and corner point detection on images

Реферат/анотація:

1. Кольцов Д. Р. Метод коротаційного балкового сплайна для зіставлення кривих та визначення кутових точок на зображеннях. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 Прикладна математика. – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, 2026. Метою роботи є підвищення точності та обчислювальної ефективності процесів геометричної апроксимації, ідентифікації кутових особливостей та зіставлення контурів на основі розробки та впровадження методу коротаційного балкового сплайна. Сплайни широко застосовуються в САПР, комп'ютерній графіці, обробці зображень і розпізнаванні образів. Проаналізовано класичні підходи – кубічні сплайни, криві Безьє, В-сплайни – та показано їх обмеження: локальність/глобальність контролю, складність досягнення естетичності кривої

(мінімуму інтеграла квадрата кривини), незручність гаусівського згладжування виміряних точок.

Обґрунтовано доцільність розвитку балкових сплайнів та ідеї Фоулера–Вільсона щодо локальних координат як основи нового методу – коротаційного балкового сплайна. У першому розділі обґрунтовано актуальність задач геометричного моделювання та згладжування контурів складної форми, зокрема для відновлення форми пазлів. Сформульовано вимоги до якості кривих (неперервність похідних, поведінка кривини, енергетичні критерії). Проаналізовано класичні методи побудови сплайнів і сучасні підходи до зіставлення контурів, на основі чого сформульовано задачі дослідження. Другий розділ присвячено розробленню математичної моделі коротаційного балкового сплайна. Запропоновано введення удаваних точок для керованої зміни локальної кривини та новий підхід до визначення нормального напрямку деформованої кривої. Розроблено ітераційний алгоритм розрахунку сплайна. Можливості методу продемонстровано на прикладах еліпса (2:1) та прямокутника без явного задання кутових точок, із порівнянням до параметричного сплайна. Розглянуто задачу Ерміта (C^1) для симетричних, асиметричних та несиметричних конфігурацій із порівнянням до кривих Безьє та геометрично нелінійної балки. Третій розділ присвячено апроксимаційним властивостям методу. Введено критерій збіжності на основі відстані між вхідними точками та контуром. Досліджено відновлення кола за точками з випадковими відхиленнями та реконструкцію дуги за п'ятьма точками з порівнянням до відомих рішень. Показано вплив параметра податливості на стабільність обчислень. Четвертий розділ присвячено застосуванню методу до обробки контурів реальних об'єктів. Введено адаптивний параметр згладжування та поняття удаваної кутової точки. Запропоновано критерії зіставлення кривих за різницею кривин та метод визначення кутових точок на основі локальної роботи. Описано метод сканування пазлів, алгоритм впорядкування точок та відтворення зображення пазла з 60 елементів. Досліджено вплив адаптивної жорсткості на точність і стабільність розрахунків. Наукова новизна одержаних результатів: – Уперше розроблено метод коротаційних балкових сплайнів із введенням удаваних точок та нормальних векторів, повернутих на локальний кут деформації, що звело нелінійну задачу до ітераційної лінійної процедури та забезпечило побудову кривої у формі клотоїди. – Уперше запропоновано метод адаптивного згладжування артефактів на основі моделі балки у пружному середовищі з коефіцієнтом зв'язку опор, залежним від відстані між вузлами та параметра $h\mu^4$, що забезпечило рівномірну згладжуваність контуру. – Удосконалено ідентифікацію кутових точок завдяки критерію «локальної роботи» та поняттю «кутової удаваної точки» з допуском розриву кута за нульових моментів. – Отримало подальший розвиток оцінювання схожості кривих через метрику «взаємної енергії» для достовірного зіставлення зашумлених контурів. Практичне значення одержаних результатів: – Розроблено збіжний ітераційний алгоритм побудови сплайнів, що поєднує згладжування зашумлених даних із збереженням кутів без перепараметризації кривої. – Створено алгоритмічне забезпечення для ідентифікації кутових точок на зображеннях: критерій «локальної роботи» забезпечив 8–30-кратне зниження енергетичного функціоналу в кутових точках проти 10–30% на гладких ділянках. – Розроблено методику зіставлення криволінійних об'єктів за метрикою «взаємної енергії» та ПЗ для ідентифікації об'єктів за межею при низькій якості оцифрування без витратних переборних стратегій. – Результати впроваджено за договором № ДНДЧ/05.02/267/24 від 26.12.2024 р. «ЛІРА САПР». – Результати впроваджено в освітній процес кафедри прикладної математики КПІ ім. Ігоря Сікорського в курсі «Геометричне моделювання» для магістрів ОНП «Машинне навчання та математичне моделювання», спец. F1 Прикладна математика.

2. Koltsov D. R. Corotational beam spline method for curve matching and corner point detection on images. – Qualifying scientific work as a manuscript. Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in specialty 113 Applied Mathematics. – National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, 2026. The aim of this work is to improve the accuracy and computational efficiency of geometric approximation, corner feature identification, and contour matching through the development and implementation of the corotational beam spline method. Splines are widely used in CAD, computer graphics, image processing and pattern recognition. Classical approaches – cubic splines, Bezier curves, B-splines – are analysed, showing their limitations: local/global control trade-offs, difficulty achieving aesthetic curves (minimum integral of squared curvature), and inconvenient Gaussian smoothing of measured points. The relevance of developing beam splines

and the Fowler–Wilson idea of local coordinates as a foundation for a new method – the corotational beam spline – is justified. The first chapter substantiates the relevance of geometric modelling and smoothing of complex-shaped contours, in particular for puzzle shape recovery. Requirements for curve quality are formulated (derivative continuity, curvature behaviour, energy criteria). Classical spline construction methods and modern approaches to contour matching are analysed, forming the basis for the research problem statement. The second chapter develops the mathematical model of the corotational beam spline. Dummy points are introduced for controlled variation of local curvature, along with a new approach to determining the normal direction of the deformed curve. An iterative computation algorithm is developed. The method's capabilities are demonstrated on an ellipse (2:1) and a rectangle without explicit corner points, compared with a parametric spline. The Hermite (C^1) problem is considered for symmetric, asymmetric and non-symmetric configurations, compared with Bezier curves and a geometrically nonlinear beam model. The third chapter addresses the approximation properties of the method. A convergence criterion based on distance between input points and the contour is introduced. Circle recovery from points with random deviations and arc reconstruction from five points are investigated, compared with known solutions. The influence of the compliance parameter on computational stability is shown. The fourth chapter applies the method to processing real-object contours. An adaptive smoothing parameter and the concept of a dummy corner point are introduced. Curve matching criteria based on curvature differences and a corner-point detection method based on local work are proposed. A puzzle scanning method, a point-ordering algorithm, and reconstruction of a 60-piece puzzle image are described. The effect of adaptive stiffness on accuracy and computational stability is examined. Scientific novelty of the results: – For the first time, the corotational beam spline method is developed, introducing dummy points and normal vectors rotated by the local deformation angle, reducing the nonlinear problem to an iterative linear procedure and ensuring a curve in the form of a clothoid. – For the first time, a method of adaptive artefact smoothing based on a beam-on-elastic-foundation model is proposed, with a support coupling coefficient depending on inter-nodal distance and a parameter $h\pi^4$, ensuring uniform contour smoothing. – Corner point identification is improved via a "local work" criterion and a "corner dummy point" concept allowing angle discontinuity at zero moments. – Curve similarity assessment is further developed through a "mutual energy" metric for reliable matching of noisy contours. Practical significance of the results: – A convergent iterative spline construction algorithm is developed, combining noisy-data smoothing with preservation of corners without curve reparametrization. – Algorithmic tools for corner point identification in images are created: the "local work" criterion provided an 8–30-fold reduction of the energy functional at corner points versus 10–30% for smooth segments. – A methodology for matching curvilinear objects via the "mutual energy" metric is developed, along with software for object identification by boundary under low-quality digitization, avoiding costly exhaustive search strategies. – Results were implemented under contract No. DNDCh/05.02/267/24 dated 26.12.2024 ("LIRA SAPR" LLC). – Results were implemented in the educational process of the Department of Applied Mathematics, Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, in the "Geometric Modelling" course for master's students of the "Machine Learning and Mathematical Modelling" program, specialty F1 Applied Mathematics.

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: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

- Orynyak I., Koltsov D., Chertov O., Mazuryk R. Application of beam theory for the construction of twice differentiable closed contours based on discrete noisy points. System Research and Information Technologies. 2022. № 4. С. 119–140. DOI: 10.20535/SRIT.2308-8893.2022.4.10

- Orynyak I., Yablonskyi P., Koltsov D., Chertov O., Mazuryk R. Fairness of 2D corotational beam spline as compared with geometrically nonlinear elastic beam. System Research and Information Technologies. 2024. № 3. С. 107–132. DOI: 10.20535/SRIT.2308-8893.2024.3.07
- Д. Р. Кольцов, І. В. Ориняк, Укладання неточно оцифрованого безколірного пазла по кривизні контурів за допомогою коротаційного балкового сплайна. Журнал обчислювальної та прикладної математики. 2025. № 2. С. 5–32. DOI: 10.17721/2706-9699.2025.2.01
- І. В. Ориняк, Д. Р. Кольцов, Д. Ю. Тавров, Метод визначення кутових точок на зображеннях за допомогою коротаційного балкового сплайна. Наукові вісті КПІ. 2026. № 1. С. 19–31. DOI: 10.20535/kpissn.2026.1.349268
- І. В. Ориняк, Д. Р. Кольцов, Р. О. Мазурик, Порівняння плоских балкового коротаційного сплайна і геометрично нелінійної балки. Сучасні проблеми механіки та математики – 2023 : зб. наук. праць Міжнар. наук. конф. / за заг. ред. Р. М. Кушніра, В. О. Пелиха [Електронний ресурс]. Львів : Ін-т прикладних проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача НАН України, 2023. 454 с. С. 393–294.
- Р. О. Мазурик, Д. Р. Кольцов, І. В. Ориняк, Геометрично нелінійні балки в задачах побудови сплайнів оптимальної форми. Прикладна геометрія, інженерна графіка та об'єкти інтелектуальної власності : матеріали XIII Міжнар. наук.-практ. конф., 2025. DOI: 10.20535/ngikg2024.XIII.310158
- Orynyak I., Mazuryk R., Koltsov D., Kuznetsov Y., Lubinskis J. Smoothing the pipeline noisy point positions by corotational beam spline. Pipeline Technology Conference 2024 : Proceedings. ISSN 2510-6716. URL: <https://www.pipeline-conference.com/abstracts/smoothing-pipeline-noisy-point-positions-corotational-beam-spline>

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

Соціально-економічна спрямованість: підвищення автоматизації виробничих процесів

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами:

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Ориняк Ігор Володимирович

2. Igor Orynyak

Кваліфікація: д. т. н., професор, 01.02.04

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-4529-0235

Додаткова інформація:

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

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Спирінцев Дмитро Васильович
2. Dmytro Spirintsev

Кваліфікація: к. т. н., доцент, 05.01.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-5728-6626

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького

Код за ЄДРПОУ: 02125237

Місцезнаходження: вул. Гетьманська, Мелітополь, Мелітопольський р-н., 72312, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Воліна Тетяна Миколаївна
2. Tetiana Volina

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-8610-2208

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний університет біоресурсів і природокористування України

Код за ЄДРПОУ: 00493706

Місцезнаходження: вул. Героїв Оборони, Київ, 03041, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Аушева Наталія Миколаївна
2. Natalia Ausheva

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-0816-2971

Додаткова інформація:

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

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Хайдуров Владислав Володимирович

2. Vladyslav Khaidurov

Кваліфікація: к. т. н., с.д., 01.05.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-4805-8880

Додаткова інформація:

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

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VIII. Заключні відомості

Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради

Вірченко Геннадій Анатолійович

Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні

Вірченко Геннадій Анатолійович

Відповідальний за підготовку
облікових документів

Кольцов Дмитро Романович

Реєстратор

Юрченко Тетяна Анатоліївна

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна