

РІШЕННЯ
РАЗОВОЇ СПЕЦІАЛІЗОВАНОЇ ВЧЕНОЇ РАДИ
ПРО ПРИСУДЖЕННЯ СТУПЕНЯ ДОКТОРА ФІЛОСОФІЇ

Здобувач ступеня доктора філософії ІВАНОВ Сергій Сергійович, 1997 року народження, громадянин України, освіта вища: закінчив у 2019 році Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» і отримав повну вищу освіту за спеціальністю «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». В Харківському національному університеті імені В. Н. Каразіна виконав акредитовану освітньо-наукову програму «Прикладна математика».

Разова спеціалізована вчена рада, утворена наказом Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна від «3» квітня 2025 року № 0114-1/173, у складі Голови разової спеціалізованої вченої ради – ЛИТВИНА Олега Олеговича, доктора фізико-математичних наук професора, в.о. завідувача кафедри харчових технологій, легкої промисловості і дизайну Навчально-наукового інституту «Українська інженерно-педагогічна академія» Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна; рецензента – ЯКОВЛЕВА Сергія Всеволодовича, доктора фізико-математичних наук, професора, члена-кореспондента НАН України, заступника директора Навчально-наукового інституту комп'ютерних наук та штучного інтелекту Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна; офіційного опонента – БОМБИ Андрія Ярославовича, доктора технічних наук, професора, професора кафедри комп'ютерних наук та прикладної математики Національного університету водного господарства та природокористування; офіційного опонента – ГАДЕЦЬКОЇ Світлани Вікторівни, кандидата фізико-математичних наук, доцента, доцента кафедри вищої математики Харківського національного автомобільно-дорожнього університету; офіційного опонента – ЛУЦ Лілії Володимирівни, кандидата фізико-математичних наук, старшого наукового співробітника відділу оптимізації чисельних методів Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України на засіданні «09» червня 2025 року прийняла рішення про присудження ступеня доктора філософії з галузі 11 – Математика та статистика ІВАНОВУ Сергію Сергійовичу на підставі публічного захисту дисертації «Математичне моделювання задач цифрової обробки зображень на основі чисельного інтегрування швидко осцилюючих функцій» за спеціальністю 113 – Прикладна математика.

Дисертацію виконано у Навчально-науковому інституті «Українська інженерно-педагогічна академія» Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, м. Харків.

Науковий керівник: НЕЧУЙВІТЕР Олеся Петрівна, доктор фізико-математичних наук, професор, в.о. завідувача кафедри інформаційних комп'ютерних технологій і математики Навчально-наукового інституту «Українська інженерно-педагогічна академія» Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна.

Дисертацію подано у вигляді спеціально підготовленого рукопису. Зміст, структура та обсяг відповідають нормативним вимогам пункту 6 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про

присудження ступеня доктора філософії, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44 (зі змінами).

Здобувач має 10 наукових публікацій за темою дисертації, з них 5 статей у наукових фахових виданнях, а також опубліковано 5 тез доповідей в збірниках конференцій:

1. Іванов С.С. Оптимальне інтегрування швидко осцилюючих функцій загального виду / Нечуйвітер О.П., Іванов С.С., Ковальчук К.Г. // Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології. 2021. Вип. 33. С. 68–72. (Б). DOI: 10.15407/fimmit2021.33.068

2. Іванов С.С. Нові інформаційні оператори в задачах чисельного інтегрування функцій трьох змінних / Нечуйвітер О.П., Іванов С.С., Ковальчук К.Г. // Вісник НТУ «ХП». Збірник наукових праць. Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях, Харків: НТУ «ХП», 2022. № 1. С. 82-91. (Б). DOI:10.20998/2222-0631.2022.01.10

3. Іванов С.С. Наближене обчислення подвійних інтегралів від швидко осцилюючих функцій загального виду / Нечуйвітер О.П., Іванов С.С., Ковальчук К.Г. // Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології. 2023. Вип. 37. С. 37–41. (Б). DOI: 10.15407/fimmit2023.37.037

4. Іванов С.С. Оптимальна за порядком точності кубатурна формула наближеного обчислення потрійних інтегралів від швидко осцилюючих функцій загального виду / Нечуйвітер О.П., Іванов С.С. // Кібернетика та комп'ютерні технології. 2023. № 1. С. 59–67. (Б). DOI: 10.34229/2707-451X.23.3.5

5. Іванов С.С. Нові інформаційні оператори в задачах чисельного інтегрування функцій трьох змінних / Нечуйвітер О.П., Іванов С.С., Ковальчук К.Г. // Вісник НТУ «ХП». Збірник наукових праць. Серія: Математичне моделювання в техніці та технологіях, Харків: НТУ «ХП», 2024. № 1 (6). С. 53-63. (Б). DOI: 10.20998/2222-0631.2024.01(6).07

6. Іванов С. С., Нечуйвітер О. П. Аспекти оптимального інтегрування швидко осцилюючих функцій загального виду. Збірник тез доповідей науково-педагогічних працівників та аспірантів LIV конференції Української інженерно-педагогічної академії (м. Харків, 11-14 травня 2021 р.). Харків, 2021. С. 134.

7. Іванов С. С. Наближене обчислення подвійних інтегралів в оцінках ризиків системи управління якістю підприємства. Збірник тез доповідей LVI студентської наукової конференції Української інженерно-педагогічної академії (м. Харків, 01-05 листопада 2021 р.). Харків, 2021. Т. 3. С.20.

8. Іванов С.С. Якість кубатурних формул наближеного обчислення інтегралів від швидко осцилюючих функцій / Іванов С.С., Нечуйвітер О.П. // Якість, стандартизація та метрологічне забезпечення : [матеріали II міжнародної науково-практичної конференції, Харків - 14 -15 березня 2023 року] / за заг. ред. д.т.н., проф. Р. М. Тріща, к.т.н., доц. Г. С. Грінченко. Українська інженерно-педагогічна академія. Харків : УІПА, 2023. – С. 109-110.

9. Іванов С. С., Летута А. А. Наближене обчислення потрійних інтегралів від швидко осцилюючих функцій загального виду з використанням нових інформаційних операторів. Студенти та молодь – для майбутнього країни : матеріали

VII міжнар. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти та молодих учених (м. Бахмут, м. Харків, 17 листоп. 2023 р.). Бахмут : ННПІ УПА, 2023. Т. 3. С. 56.

10. Іванов С. С., Летута А. А. Кубатурна формула наближеного обчислення потрійних інтегралів від швидко осцилюючих функцій загального виду. Освіта та технології для розвитку суспільства : LVIII наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти академії, м. Харків, 13-17 листоп. 2023 р. Харків : УПА, 2023. С. 13-14.

У дискусії взяли участь та висловили зауваження:

Рецензент ЯКОВЛЕВ Сергій Всеволодович:

1. Бажано було б в роботі більш детально охарактеризувати клас задач цифрової обробки зображень, для розв'язання яких можуть бути застосовані методи чисельного інтегрування швидко осцилюючих функцій багатьох змінних. Такий огляд дозволив би ширше висвітлити практичну значущість отриманих результатів та окреслити можливості їх використання в конкретних прикладних напрямках.

2. Як наслідок, при висвітленні в дисертації практичного значення наукових результатів дослідження увага зосереджена більше на теоретичних здобутках, зокрема на «розширенні класу математичних моделей та методів розв'язання задач цифрової обробки зображень з використанням чисельного інтегрування функцій багатьох змінних» або «розроблені математичних моделей, які ґрунтуються на використанні оптимальних за порядком точності кубатурних формул наближеного обчислення інтегралів від швидко осцилюючих функцій загального виду». Важливо було б більше зосередити увагу на створенні нових чисельних методів наближеного обчислення подвійних та потрійних інтегралів від швидко осцилюючих функцій загального виду при різних типах завдання вихідної інформації про функції, а також на обчислювально ефективних схемах чисельного інтегрування багатовимірних функцій, особливо таких, що характеризуються швидкими осциляціями в іррегулярному випадку.

3. Розділ 4, присвячений тестуванню кубатурних формул наближеного обчислення подвійних інтегралів від швидко осцилюючих функцій загального виду, доцільно було б доповнити проведені чисельні експерименти не лише перевіркою тверджень теорем щодо оцінок похибок наближення, а й більш ґрунтовним аналізом результатів стосовно кількості використаних значень функцій у запропонованих обчислювально ефективних схемах чисельного інтегрування. Зокрема, порівняння отриманих результатів з класичними методами дозволило б наочно продемонструвати переваги запропонованих підходів і додатково обґрунтувати їх доцільність у практичному застосуванні.

4. У дисертаційній роботі отримано вагомі наукові результати, зокрема доведено, що низка побудованих кубатурних формул для наближеного обчислення подвійних та потрійних інтегралів від швидко осцилюючих функцій є оптимальними за порядком точності. Разом із тим, вважаю варто було б в підрозділах 1.1 «Елементи теорії обчислення інтегралів від швидко осцилюючих функцій», 2.1 «Оцінка знизу для похибки чисельного інтегрування на класі» та 3.2 «Оптимальні за порядком точності кубатурні формули обчислення інтегралу від функції двох змінних загального виду» більш чітко й формалізовано сформулювати саму оптимізаційну задачу, яка покладена в основу побудови відповідних формул. Це дозволило б підкреслити математичну строгість підходу та полегшити сприйняття структури доведень і одержаних результатів.

Офіційний опонент БОМБА Андрій Ярославович:

1. У дисертації недостатньо уваги приділено аналізу кубатурних формул наближеного обчислення подвійних інтегралів від швидко осцилюючих функцій загального виду у випадку, коли функції замінюються класичними інтерполяційними многочленами з допоміжними функціями у вигляді кусково-сталих сплайнів. Отримані оцінки похибки наближення дозволили б провести більш ґрунтовний чисельний експеримент, щодо кількості використаних даних при порівнянні класичної кубатурної формули із запропонованою. Крім того, доцільно було б доповнити чисельний експеримент порівняльним аналізом кубатурних формул за швидкодією їх реалізації. Такий експеримент дозволив би не лише оцінити точність побудованих методів, а й проаналізувати їх обчислювальну ефективність порівняно з класичними підходами, що є важливим критерієм для практичного застосування в задачах цифрової обробки сигналів та зображень.

2. З огляду на те, що чисельне інтегрування швидко осцилюючих функцій є обчислювально складною задачею, а осциляції можуть підсилювати ефект накопичення похибок, доцільно було б включити в дисертаційні дослідження питання впливу на результат неусувної похибки та похибки заокруглення, які виникають при практичній реалізації кубатурних формул у числових обчисленнях.

3. У роботі основна увага приділяється чисельному інтегруванню диференційовних швидко осцилюючих функцій загального виду. Водночас у прикладних задачах цифрової обробки сигналів і зображень часто зустрічаються функції з розривами. Було б бажано доповнити дослідження аналізом поведінки побудованих кубатурних формул для наближеного обчислення подвійних та потрійних інтегралів від швидко осцилюючих функцій загального виду у випадку інтегрування функцій з розривами, а також обговорити можливі модифікації методів для таких випадків.

Офіційний опонент ГАДЕЦЬКА Світлана Вікторівна:

1. У першому розділі, де автор викладає загальні положення та огляд літератури, доцільно було б більш детально окреслити практичні постановки задач цифрової обробки зображень, для яких чисельне інтегрування швидко осцилюючих функцій має вирішальне значення. Це дозволило б краще відобразити прикладну значущість запропонованих методів.

2. Оскільки в дисертації розглядаються швидко осцилюючі функції, доречно було б хоча б у вигляді окремого підпункту обговорити можливості поєднання запропонованих кубатурних формул з методами швидкого перетворення Фур'є, особливо в контексті задач відновлення чи аналізу зображень.

3. У дисертаційній роботі автором розглядаються методи чисельного інтегрування швидко осцилюючих функцій двох та трьох змінних загального вигляду. Водночас варто було б в розділі 4 окремо приділити увагу особливому випадку, коли підінтегральна функція є добутком функцій, кожна з яких залежить лише від однієї змінної. Для таких функцій існує можливість суттєвого спрощення обчислювальних процедур за рахунок декомпозиції багатовимірного інтеграла на добуток одновимірних інтегралів. Додавання відповідного аналізу та чисельних експериментів для цього класу функцій дозволило б більш повно охарактеризувати ефективність запропонованих методів та їхню адаптивність до різних типів підінтегральних функцій.

Офіційний опонент ЛУЦ Лілія Володимирівна:

1. Зауваження носить дискусійний характер: згідно нового українського правопису рекомендують використовувати термін «швидкоосцильовані функції» замість «швидкоосцилюючі функції».

2. В роботі є декілька однакових позначень для допоміжних кусково-сталих функцій при побудові інформаційних операторів. Зокрема, на сторінці 50 маємо

$$h_{1k}^0(x) = \begin{cases} 1, x \in X_k, \\ 0, x \notin X_k, \end{cases} \quad h_{2j}^0(y) = \begin{cases} 1, y \in Y_j, \\ 0, y \notin Y_j, \end{cases} \quad h_{3s}^0(z) = \begin{cases} 1, z \in Z_s, \\ 0, z \notin Z_s, \end{cases}$$

$$X_k = [x_{k-1/2}, x_{k+1/2}], \quad Y_j = [y_{j-1/2}, y_{j+1/2}], \quad Z_s = [z_{s-1/2}, z_{s+1/2}],$$

$$x_k = k\Delta - \Delta/2, \quad y_j = j\Delta - \Delta/2, \quad z_s = s\Delta - \Delta/2, \quad k, j, s = \overline{1, \ell}, \quad \Delta = 1/\ell,$$

а вже на сторінці 59 інше позначення

$$h_{1k}(x) = \begin{cases} 1, x \in X_{1k}, \\ 0, x \notin X_{1k}, \end{cases} \quad h_{2j}(y) = \begin{cases} 1, y \in Y_{1j}, \\ 0, y \notin Y_{1j}, \end{cases} \quad h_{3s}(z) = \begin{cases} 1, z \in Z_{1s}, \\ 0, z \notin Z_{1s}, \end{cases}$$

$$X_{1k} = [x_{k-1/2}, x_{k+1/2}], \quad Y_{1j} = [y_{j-1/2}, y_{j+1/2}], \quad Z_{1s} = [z_{s-1/2}, z_{s+1/2}],$$

$$x_k = k\Delta_1 - \Delta_1/2, \quad y_j = j\Delta_1 - \Delta_1/2, \quad z_s = s\Delta_1 - \Delta_1/2, \quad k, j, s = \overline{1, \ell_1}, \quad \Delta_1 = 1/\ell_1.$$

3. На сторінці 78 в першому рядку у доведені теореми 3.2. помилково вписаний

доданок $2M\ell_1\Delta_1 \frac{\Delta_1^2}{4} \ell_1^2 +$.

4. Бажаним доповненням до проведеного дослідження було б виконання аналізу повної похибки алгоритму для принаймні однієї кубатурної формули.

5. В розділі 4 доцільно було б навести тестування кубатурних формул для наближеного обчислення потрійних та подвійних інтегралів від швидкоосцильованих функцій загального виду на «поганих» функціях з класу. Це б дало більш ґрунтовне розуміння потенційної спроможності запропонованих алгоритмів.

Результати відкритого голосування:

«За» – 5 членів ради,

«Проти» – 0 членів ради.

На підставі результатів відкритого голосування разова спеціалізована вчена рада присуджує ІВАНОВУ Сергію Сергійовичу ступінь доктора філософії з галузі знань 11 – Математика та статистика за спеціальністю 113 – Прикладна математика.

Відеозапис трансляції захисту дисертації додається.

Голова разової спеціалізованої вченої ради



Олег ЛИТВИН