

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації

Андреєвої Дар'ї Миколаївни

«Побудова та аналіз однорідних апроксимацій нелінійних керованих систем»,

яка подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

з галузі знань 11 Математика та статистика

за спеціальністю 113 Прикладна математика

1. Оцінка роботи здобувача у процесі підготовки дисертації і виконання індивідуального плану навчальної та наукової роботи.

Аспірантка Андреєва Дар'я Миколаївна виконала у повному обсязі індивідуальний план освітньо-наукової програми підготовки доктора філософії. Освітню програму в обсязі 40 кредитів ECTS виконано в повному обсязі. Здобувачка успішно пройшла викладацьку практику, з якої склала залік, а також успішно склала заліки і іспити з наступних дисциплін.

Заліки:

- 1) Філософські засади та методологія наукових досліджень;
- 2) Підготовка наукових публікацій та презентація результатів досліджень;
- 3) Іноземна мова для аспірантів.

Екзамени:

- 1) Іноземна мова для аспірантів;
- 2) Сучасна теорія оптимального керування;
- 3) Метод функції керованості;
- 4) Комп'ютерна графіка та алгоритми обробки зображень.

Усі заплановані види робіт були виконані своєчасно. Здобувачка плідно співпрацювала з науковим керівником протягом усього терміну навчання в аспірантурі.

2. Обґрунтування вибору теми дослідження.

Клас нелінійних керованих систем досліджується протягом багатьох десятиліть з різних точок зору і з використанням різноманітних підходів. Зокрема, для нелінійних систем, які є лінійними за керуванням, розвинутий алгебраїчний підхід. Зокрема, траєкторію такої системи можна подати у вигляді ряду ітерованих інтегралів і досліджувати такі ряди алгебраїчними методами. Одним з об'єктів для дослідження, що викликає великий інтерес, є однорідна апроксимація. Ідея полягає в тому, щоб наблизити початкову нелінійну систему іншою нелінійною, але

простішою, а саме, однорідною системою. Зокрема, за допомогою алгебраїчного підходу можна отримати класифікацію нелінійних керованих систем з точки зору їх однорідних апроксимацій, описати спосіб побудови однорідних апроксимацій тощо.

Однорідні апроксимації будуються для наближення траєкторій систем. Проте при дослідженні систем, лінійних за керуванням, традиційно розглядають не траєкторію, а вихід. Вихід теж можна подати у вигляді ряду ітерованих інтегралів.

Таким чином, виникає наступна задача: узагальнити алгебраїчні методи та дослідити задачу однорідної апроксимації для нелінійних систем, лінійних за керуванням, з довільним виходом.

Мета дослідження. Постановка та дослідження задачі однорідної апроксимації для нелінійних керованих систем з виходом; застосування і розвинення алгебраїчного підходу із залученням вільних алгебр для побудови і класифікації однорідних апроксимацій таких систем.

Завдання дослідження.

- 1) Розглянути клас формальних рядів в абстрактній асоціативній алгебрі, що відповідає реалізовним рядам ітерованих інтегралів, і запропонувати метод побудови кореневої підалгебри L_1 мінімальної реалізації без знаходження реалізуючої системи.
- 2) Отримати опис усіх можливих кореневих підалгебр L_1 мінімальних реалізацій реалізовних рядів ітерованих інтегралів.
- 3) Ввести поняття однорідної апроксимації для ряду з одновимірними коефіцієнтами (нелінійної системи з одновимірним виходом) і дослідити зв'язок між однорідною апроксимацією ряду та однорідною апроксимацією його мінімальної реалізації, а саме, між відповідними корневими підалгебрами L_1 .
- 4) Отримати опис усіх можливих пар: коренева підалгебра L_1 мінімальної реалізації ряду – коренева підалгебра L_1 однорідної апроксимації ряду.
- 5) Дослідити задачу швидкодії для однорідних одновимірних рядів.
- 6) Дослідити зв'язок однорідної апроксимації і апроксимації в сенсі швидкодії для одновимірних рядів.
- 7) Ввести поняття однорідної апроксимації для реалізованого ряду з коефіцієнтами довільної розмірності (нелінійної системи з

довільним виходом), отримати опис однорідних апроксимацій на мові лівих ідеалів, породжених градуйованими підалгебрами L_i .

- 8) Запропонувати різні поняття алгебраїчної еквівалентності (однорідні апроксимації співпадають або ліві ідеали співпадають) для реалізовних рядів з коефіцієнтами довільної розмірності і дослідити зв'язок між ними.

Об'єкт дослідження. Нелінійні керовані системи, формальні реалізовані ряди у вільній асоціативній алгебрі, однорідна апроксимація, коренева підалгебра L_i , ліві ідеали, породжені градуйованими підалгебрами L_i , задача швидкодії для нелінійних керованих систем з виходом.

Предмет дослідження. Властивості однорідних апроксимацій нелінійних керованих систем з виходом та реалізовних рядів ітерованих інтегралів, зв'язок апроксимації в сенсі швидкодії і однорідної апроксимації.

Методи дослідження. Методи теорії керування, метод рядів та вільних алгебр, методи математичного і функціонального аналізу, методи теорії диференціальних рівнянь.

3. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційну роботу виконано на кафедрі прикладної математики факультету математики і інформатики Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна у відповідності до тематики пріоритетних досліджень кафедри та в рамках науково-дослідної роботи за темою "Оптимальне керування, стійкість і стабілізація динамічних систем складної природи" (номер держреєстрації 0119U002530).

4. Особистий внесок дисертанта в отриманні наукових результатів та їх новизна.

В роботі поняття однорідної апроксимації для систем з виходом вперше запропоновано та досліджено з використанням методу рядів та вільних алгебр. Зокрема, запропоновано метод побудови однорідних апроксимації за допомогою максимальних за включенням лівих ідеалів. Крім того, досліджений зв'язок однорідної апроксимації і апроксимації у сенсі швидкодії для одновимірних рядів. Запропоновані нові поняття алгебраїчної еквівалентності і слабкої алгебраїчної еквівалентності систем з виходом довільної розмірності, досліджений зв'язок між ними.

5. Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, які захищаються.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень і результатів дисертації Андрєєвої Дар'ї підтверджується наведеними повними і строгими математичними доведеннями сформульованих тверджень. Дисертація містить посилання на використані відомі факти і результати попередніх досліджень, які опубліковані у фахових міжнародних наукових виданнях.

Основні результати дисертації опубліковані у фахових журналах; їх було представлено на міжнародних наукових конференціях.

6. Наукове, практичне та теоретичне значення результатів дисертації.

Дисертаційна робота має теоретичний характер. Отримані результати можуть бути застосовані до дослідження властивостей нелінійних керованих систем, зокрема, опису локальної поведінки таких систем, а також до побудови оптимальних та/або допустимих керувань і дослідження їх властивостей.

7. Повнота викладення матеріалів дисертації в роботах, опублікованих автором.

За матеріалами дисертації опубліковано 3 наукових статті у фахових виданнях України, одна з яких у виданні, що входить до наукометричної бази SCOPUS. Крім того, результати було опубліковано в 4 тезах міжнародних наукових конференцій.

Стаття у науковому фаховому виданні, що входить до наукометричної бази Scopus:

1. Andreieva D.M., Ignatovich S.Yu. Homogeneous approximation of one-dimensional series of iterated integrals and time optimality. *Journal of Optimization, Differential Equations and their Applications*. 2023. Vol. 31, No. 2. P. 1–23.

DOI: <http://dx.doi.org/10.15421/142308>

Статті у фахових виданнях України:

2. Andreieva D. M., Ignatovich S.Yu. Homogeneous approximation for minimal realizations of series of iterated integrals. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Ser. Mathematics, Applied Mathematics and Mechanics*. 2022. Vol. 96. P. 23–39.

DOI: <https://doi.org/10.26565/2221-5646-2022-96-02>

(Особистий внесок здобувача: отримання результатів щодо однорідної апроксимації мінімальної реалізації для одновимірних рядів ітерованих інтегралів. Особистий внесок співавтора: постановка задачі і обговорення результатів.)

3. D.M. Andreieva, S.Yu. Ignatovich. Homogeneous approximations of nonlinear control systems with output and weak algebraic equivalence. *Visnyk of V.N.Karazin Kharkiv National University, Ser. Mathematics, Applied Mathematics and Mechanics*, 2024, V. 99, P. 36-50.

DOI: <https://doi.org/10.26565/2221-5646-2024-99-03>

(Особистий внесок здобувача: отримання результатів щодо однорідної апроксимації для рядів ітерованих інтегралів довільної вимірності, дослідження зв'язку між властивостями алгебраїчної еквівалентності і слабкої алгебраїчної еквівалентності. Особистий внесок співавтора: постановка задачі і обговорення результатів.)

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертаційної роботи:

1. Andreieva D., Ignatovich S. Homogeneous approximations for control systems with output. *5-th International Conference «Differential Equations and Control Theory»*. Kharkiv, September 27-29, 2021. Book of abstracts, P. 9.

2. Андреева Д. М. Апроксимація відображення «вхід-вихід». «Сучасні проблеми математики та її застосування в природничих науках та інформаційних технологіях : XVII Міжнародна науково-практична конференція студентів та молодих вчених». Харків, 12-13 травня 2023 року. Тези доповідей, С.22-24.

3. Andreieva D., Ignatovich S. Homogeneous approximation of series of iterated integrals and time optimality. *6-th International Conference «Differential Equations and Control Theory»*. Kharkiv, October 11-13, 2023. Book of abstracts, P. 5.

4. Андреева Д. М. Задача оптимальної швидкодії для одної однорідної керованої системи. *Сучасні проблеми математики та її застосування в природничих науках та інформаційних технологіях : XVIII Міжнародна науково-практична конференція студентів та молодих вчених*. Харків, 10-11 травня 2024 року. Тези доповідей, С. 29-30.

8. Дотримання академічної доброчесності.

На підставі вивчення тексту дисертації здобувача, наукових праць здобувача та Протоколу контролю оригінальності (перевірку наявних текстових запозичень виконано в антиплагіатній системі

Strikeplagiarism.com) встановлено, що дисертаційну роботу виконано самостійно, текст дисертації не містить плагіату, а дисертація відповідає вимогам академічної доброчесності. У дисертації представлено результати власних досліджень. Використані ідеї та результати інших авторів супроводжуються посиланнями на відповідні джерела.

9. Оцінка мови та стилю дисертації.

Дисертація написана грамотною мовою, з використанням наукового стилю. Результати викладені послідовно і логічно, з наведенням необхідних пояснень, і проілюстровані прикладами. Структура дисертації відповідає алгоритму здійсненого автором дослідження.

10. Відповідність змісту дисертації спеціальності з відповідної галузі знань, з якої вона подається до захисту.

За своїм фаховим спрямуванням і науковою новизною робота Андреевої Дар'ї Миколаївни «Побудова та аналіз однорідних апроксимацій нелінійних керованих систем» відповідає спеціальності 113 Прикладна математика.

11. Рекомендація дисертації до захисту.

Дисертаційна робота відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (постанова Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44, зі змінами, внесеними постановами Кабінету Міністрів України від 21.03.2022 року № 341, від 19.05.2023 року № 502 і від 03.05.2024 року № 507) і вимогам Наказу Міністерства освіти і науки України від 12.01.2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» зі змінами, внесеними Наказом Міністерства освіти і науки України від 31.05.2019 року № 759.

Результати дослідження були представлені на розширеному засіданні кафедри прикладної математики Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна щодо попередньої експертизи дисертації (витяг з протоколу №6 розширеного засідання кафедри прикладної математики від 25.03.2025 року) у формі презентації та наукової дискусії після її завершення. На розширеному засіданні кафедри було einstайно ухвалено рішення рекомендувати дисертацію Андреевої Дар'ї Миколаївни «Побудова та аналіз однорідних апроксимацій нелінійних керованих

систем» до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 113 Прикладна математика з галузі знань 11 Математика та статистика.

Завідувач кафедри
прикладної математики
факультету математики і інформатики
Харківського національного
університету імені В.Н.Каразіна,
доктор фізико-математичних наук,
професор



Валерій КОРОБОВ