

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу Трухова Артема Сергійовича
на тему «Негаусівські ймовірнісні моделі та інформаційні технології для
розпізнавання образів», представлену на здобуття наукового ступеня
доктора філософії в галузі знань 12 – «Інформаційні технології»
за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки»

Актуальність теми дослідження

Актуальність дослідження зумовлена стрімким розвитком та зростаючим впровадженням технологій розпізнавання образів у різних сферах діяльності. Ці методи стали невід'ємною частиною автоматизованих систем, що застосовуються для підвищення ефективності, точності та безпеки у багатьох галузях. Зокрема, у промисловості розпізнавання образів використовується для контролю якості продукції, автоматизації виробничих процесів та зменшення ризику людських помилок. У медицині воно сприяє покращенню діагностики хвороб, аналізу медичних зображень та моніторингу стану пацієнтів, що є критично важливим для своєчасного виявлення патологій. Також значний розвиток отримали системи розпізнавання образів у транспортній сфері, зокрема для автономного керування транспортними засобами. У сфері безпеки технології розпізнавання застосовуються для ідентифікації осіб, моніторингу відеозаписів, контролю доступу до об'єктів та забезпечення безпеки в громадських місцях. Важливе значення вони мають і у фінансовому секторі: аналізуючи поведінкові патерни користувачів, системи розпізнавання допомагають виявляти аномальні транзакції та запобігати шахрайству.

Таким чином, враховуючи широкий спектр застосувань та значний вплив технологій розпізнавання образів на розвиток сучасних інформаційних систем, дослідження в цьому напрямку є актуальним і важливим.

Дисертаційну роботу виконано у Національному університеті кораблебудування імені адмірала Макарова (НУК) відповідно до планів НДР з ініціативної теми «Негаусівські ймовірнісні моделі для розпізнавання облич» (Державний реєстраційний номер: 0124U004650).

Структура та зміст дисертації

Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 129 найменувань і 3 додатків. Загальний обсяг дисертації становить 161 сторінку, обсяг основного тексту складає 139 сторінок. Дисертаційна робота містить 50 рисунків та 45 таблиць. У додатках наведені документи про впровадження результатів роботи, список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації.

У вступі дана характеристика науково-практичної задачі, що підлягає вирішенню, розкрито сутність і значущість дослідження, обґрунтовано його актуальність, визначено мету, завдання, наукову новизну, практичну цінність отриманих результатів, а також наведено інформацію про апробацію та публікації результатів дослідження.

Перший розділ містить аналіз існуючих методів і моделей для розпізнавання образів та обґрунтовано необхідність проведення досліджень за обраною темою.

У другому розділі проаналізовано нормалізуючі перетворення та здійснено вибір оптимального варіанту для дев'ятивимірних векторів клавіатурного почерку та десятивимірних векторів облич. Виконано видалення викидів за допомогою методу на основі квадрата відстані Махаланобіса, використовуючи нормалізовані багатовимірним перетворенням Бокса-Кокса дані.

Третій розділ присвячений побудові негаусівських ймовірнісних моделей у вигляді дев'ятивимірних еліпсоїдів прогнозування для нормалізованих векторів характеристик клавіатурного почерку, та десятивимірних еліпсоїдів прогнозування для нормалізованих векторів характеристик облич, з використанням багатовимірного перетворення Бокса-Кокса і квантилів χ^2 -квадрат та F -розподілу.

У четвертому розділі запропоновано інформаційні технології для розпізнавання облич та клавіатурного почерку, розроблено відповідні інструментарії, програмне забезпечення мовою Python та інструкції користувача.

Наукова новизна отриманих результатів

В дисертаційній роботі наведено чотири пункти наукової новизни.

1) Вперше побудована ймовірнісна модель для розпізнавання облич у вигляді еліпсоїда прогнозування з квантилем F -розподілу для нормалізованого вектору характеристик, яка на відміну від існуючих моделей враховує відхилення розподілу даних від гаусівського завдяки застосуванню десятивимірному перетворення Бокса-Кокса та кількість точок даних завдяки використанню квантиля F -розподілу, що дозволяє підвищити точність і ймовірність розпізнавання облич.

2) Вперше побудована ймовірнісна модель для розпізнавання клавіатурного почерку у вигляді еліпсоїда прогнозування з квантилем F -розподілу для нормалізованого вектору характеристик, яка на відміну від існуючих моделей враховує відхилення розподілу даних від гаусівського завдяки застосуванню дев'ятивимірному перетворення Бокса-Кокса та кількість точок даних завдяки використанню квантиля F -розподілу, що дозволяє підвищити точність і ймовірність розпізнавання клавіатурного почерку.

3) Удосконалено ймовірнісну модель для розпізнавання облич у вигляді еліпсоїда прогнозування з квантилем χ^2 -квадрат для нормалізованого вектору характеристик, яка на відміну від існуючих моделей враховує відхилення розподілу даних від гаусівського завдяки застосуванню десятивимірному перетворення Бокса-Кокса, що дозволяє підвищити точність і ймовірність розпізнавання облич.

4) Удосконалено ймовірнісну модель для розпізнавання клавіатурного почерку у вигляді еліпсоїда прогнозування з квантилем χ^2 -

квадрат для нормалізованого вектору характеристик, яка на відміну від існуючих моделей враховує відхилення розподілу даних від гаусівського завдяки застосуванню дев'ятивимірного перетворення Бокса-Кокса, що дозволяє підвищити точність і ймовірність розпізнавання клавіатурного почерку.

Дисертаційна робота має ознаки наукової новизни в достатньому об'ємі для присудження здобувачу наукового ступеня доктора філософії.

Рівень виконання поставленого наукового завдання

Наукове завдання дисертаційної роботи складається з 7 пунктів.

1) Проаналізувати існуючі математичні моделі, що використовуються для розпізнавання образів, та оцінити їх точність при роботі з негаусівськими даними.

Перший пункт виконано повністю. Було проведено огляд математичних моделей, що використовуються для розпізнавання образів, та проведено аргументацію зниження точності розпізнавання у випадках, коли дані не відповідають нормальному розподілу. Отримані результати узагальнено у першому розділі дисертації.

2) Дослідити існуючі нормалізуючі перетворення та методи для оцінювання їх параметрів; обрати перетворення для нормалізації десятивимірних векторів характеристик облич та дев'ятивимірних векторів характеристик клавіатурного почерку.

Другий пункт виконано повністю. Було розглянуто широкий спектр нормалізуючих перетворень, які застосовуються для наближення розподілу даних до нормального. Здійснено оцінку параметрів цих перетворень та проведено вибір оптимального підходу для нормалізації десятивимірних векторів характеристик облич і дев'ятивимірних векторів характеристик клавіатурного почерку.

3) Побудувати ймовірнісну модель для розпізнавання облич у вигляді еліпсоїда прогнозування з квантилем F -розподілу для нормалізованого

вектору характеристик, який побудовано за допомогою десятивимірною нормалізуючого перетворення.

На основі нормалізованих десятивимірних векторів характеристик облич розроблено ймовірнісну модель у вигляді еліпсоїда прогнозування, що використовує квантиль F -розподілу. Це дозволило підвищити точність та ймовірність розпізнавання образу. У третьому розділі дисертації представлено детальний опис цієї моделі, що підтверджує виконання поставленого завдання.

4) Побудувати ймовірнісну модель для розпізнавання клавіатурного почерку у вигляді еліпсоїда прогнозування з квантилем F -розподілу для нормалізованого вектору характеристик, який побудовано за допомогою дев'ятивимірною нормалізуючого перетворення.

Розроблено модель розпізнавання клавіатурного почерку для дев'ятивимірних нормалізованих векторів характеристик та використовує еліпсоїд прогнозування з квантилем F -розподілу. Опис моделі включено в третій розділ дисертації, що засвідчує виконання цього завдання.

5) Удосконалити ймовірнісну модель для розпізнавання облич у вигляді еліпсоїда прогнозування з квантилем χ^2 -квадрат для нормалізованого вектору характеристик, який побудовано за допомогою десятивимірною нормалізуючого перетворення.

В рамках дослідження було покращено модель для розпізнавання облич для нормалізованих даних з квантилем розподілу χ^2 -квадрат, що дозволило підвищити точність та ймовірність розпізнавання образів. Завдання виконано повністю.

6) Удосконалити ймовірнісну модель для розпізнавання клавіатурного почерку у вигляді еліпсоїда прогнозування з квантилем χ^2 -квадрат для нормалізованого вектору характеристик, який побудовано за допомогою дев'ятивимірною нормалізуючого перетворення.

В рамках дослідження було покращено модель для розпізнавання клавіатурного почерку для нормалізованих даних з квантилем розподілу χ^2 -

квадрат, що дозволило підвищити точність та ймовірність розпізнавання образів. Завдання виконано повністю.

7) *Створити на основі удосконалених ймовірнісних моделей інформаційні технології для розпізнавання облич і клавіатурного почерку.*

На основі розроблених моделей було створено інформаційні технології, що дозволяють здійснювати розпізнавання облич і клавіатурного почерку. Завдання виконано повністю.

Таким чином, поставлені у дисертаційній роботі завдання досягнуті.

Рівень оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності

У дисертаційній роботі здобувач послідовно та ґрунтовно підходить до отримання наукових результатів. У першому розділі здійснено детальний аналіз існуючих методів і моделей для розпізнавання образів, що дозволило виявити їхні недоліки при роботі з негаусівськими даними та обґрунтувати необхідність подальших досліджень. Другий розділ присвячено дослідженню нормалізуючих перетворень та вибору оптимального підходу для нормалізації дев'ятивимірних векторів клавіатурного почерку і десятивимірних векторів облич. У третьому розділі розроблено негаусівські ймовірнісні моделі для розпізнавання облич та клавіатурного почерку у вигляді еліпсоїдів прогнозування з використанням багатовимірного перетворення Бокса-Кокса та квантилів χ^2 -квадрат і F -розподілу. Четвертий розділ містить розробку інформаційних технологій для розпізнавання облич та клавіатурного почерку, реалізацію відповідного інструментарію мовою Python та створення інструкцій користувача.

Отримані результати підтверджують методологічну обґрунтованість дослідження, а також демонструють вміння здобувача застосовувати наукові підходи до побудови, аналізу та практичної реалізації ймовірнісних моделей.

Таким чином, у роботі забезпечено логічний, послідовний та методологічно обґрунтований підхід до дослідження обраної теми, що

свідчить про достатній рівень оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності.

Практичне значення одержаних результатів

Завдяки розробці інструментарію ІТ для розпізнавання облич та клавіатурного почерку на основі вектору характеристик, використовуючи мову програмування Python, вдалося підвищити точність і ймовірність розпізнавання облич та клавіатурного почерку. Це підтверджується актами впровадження результатів дисертаційної роботи в ТОВ НВЦ «Діагностика та контроль» та при викладанні студентам Навчально-наукового інституту комп'ютерних наук та управління проектами (ННІКНУП) Національного університету кораблебудування ім. адмірала Макарова наступних дисциплін: «Методи аналізу результатів експериментальних досліджень» спеціальності 122 «Комп'ютерні науки», галузь знань 12 «Інформаційні технології», освітня програма «Комп'ютерні науки»; «Застосування методів багатомірного статистичного аналізу в інформаційних технологіях» спеціальності 122 «Комп'ютерні науки», галузь знань 12 «Інформаційні технології», освітня програма 122 «Комп'ютерні науки».

Відповідність теми дисертації та рівня наукової обґрунтованості результатам досліджень

Тема дисертації повністю відповідає проведенню у ній дослідженням. У роботі досліджуються математичні моделі для розпізнавання образів, методи нормалізації даних та побудова ймовірнісних моделей, що узгоджується з метою та завданнями дисертації.

Рівень наукової обґрунтованості результатів базується на використанні сучасних методів математичного моделювання та статистичного аналізу, що пройшли відповідну апробацію в попередніх дослідженнях. Робота спирається на загальновизнані методи нормалізації, зокрема багатовимірне

перетворення Бокса-Кокса, а також класичні статистичні підходи, такі як розподіли Хі-квадрат та F -розподіл для побудови еліпсоїдів прогнозування.

Важливим аспектом є те, що отримані теоретичні результати підтверджені експериментальними дослідженнями, проведеними на реальних наборах даних для розпізнавання облич та клавіатурного почерку. Аналіз результатів підтверджує підвищення точності та ймовірності розпізнавання за рахунок використання побудованих моделей.

Таким чином, дисертаційна робота містить достатній рівень наукової обґрунтованості отриманих результатів і відповідає заявленій тематиці дослідження.

Відповідність дисертації встановленим вимогам, затвердженим МОН України, та її завершеність

Дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням, у якому чітко визначено мету і завдання, а також обґрунтовано вибір методологічних та методичних підходів. Сформульовані в дисертації положення, висновки та практичні рекомендації є повними, науково обґрунтованими і логічно узгоджуються з метою та поставленими завданнями.

Робота написана українською мовою. Автор демонструє вміння стисло й логічно викладати суть проблеми, аргументовано обґрунтовувати запропоновані рішення. Отримані результати є достовірними, добре узгоджуються із сучасними науковими підходами та не викликають сумнівів.

Представлена дисертаційна робота відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України, що висуваються до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Повнота викладу результатів дослідження в опублікованих працях

Оцінка наукових публікацій, повноти опублікування результатів дисертації та особливого внеску здобувача у всі наукові публікації, зараховані за темою дисертації, показала, що результати дослідження,

викладені в дисертаційній роботі, отримані автором самостійно та повністю відображають основні положення та висновки роботи. Вони повно висвітлені у публікаціях, доповідалися та обговорювалися на науково-практичних конференціях.

Основні результати дисертаційної роботи викладені у 10 публікаціях. Основні наукові результати дисертації опубліковано у 4 статтях, з яких дві статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України, а дві статті у періодичних наукових виданнях, проіндексованих у базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus (крім видань держави, визнаної Верховною Радою України державою-агресором). Ще 6 публікацій засвідчують апробацію матеріалів дисертації.

Автором виконані вимоги пп. 8 та 9 Постанови Кабінету Міністрів України № 44 від 12.01.2022 р. «Порядок присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (із змінами, внесеними згідно з Постановами Кабінету Міністрів України № 341 від 21.03.2022, № 502 від 19.05.2023, № 507 від 03.05.2024) щодо кількості публікацій, відповідності опублікованих результатів тим що містяться у дисертації апробації її основних положень.

Дотримання академічної доброчесності

Проведений аналіз дисертаційної роботи та публікацій автора засвідчив повну відповідність вимогам академічної доброчесності. Згідно аналізу звіту щодо перевірки тексту дисертації електронним сервісом StrikePlagiasm від 13.12.2024 р., порушень академічної доброчесності не було встановлено.

Використанні здобувачем окремі наукові положення і результати інших науковців мають посилання на відповідні джерела.

Дискусійні положення та зауваження щодо змісту дисертації

Попри значну наукову цінність роботи, у дисертаційному дослідженні є деякі аспекти, які могли б бути покращені.

1) У першому розділі представлено доволі широкий огляд математичних моделей, зокрема тих, що не мають безпосереднього відношення до ймовірнісного підходу, який є основою дослідження. Надлишкова увага до загальних моделей і методів дещо розмиває фокус роботи. Було б доцільніше зосередитися на глибшому аналізі саме ймовірнісних моделей, які безпосередньо використовуються для розв'язання поставленої наукової задачі.

2) В роботі розглянуто різні методи нормалізації даних, зокрема багатовимірне перетворення Бокса-Кокса, проте відсутній аналіз нормалізуючого перетворення Джонсона, що могло б призвести до додаткового покращення ймовірності та точності розпізнавання.

3) Для практичного застосування розроблених методів варто було б створити спеціалізовану програмну реалізацію, яка би автоматизувала побудову негаусівських ймовірнісних моделей. Це зробило б запропоновані підходи зручнішими для використання в реальних системах біометричної автентифікації та розпізнавання образів.

Висловлені зауваження та рекомендації не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи. Робота є результатом наукового дослідження, що має високу наукову та практичну цінність. Отримані результати свідчать про оригінальність мислення автора та його внесок у розвиток наукової думки.

Висновок

Дисертаційна робота Трухова Артема Сергійовича є оригінальним науковим дослідженням, що вирізняється високим рівнем теоретичної обґрунтованості та практичної значущості. Отримані результати є новими і достовірними, а висновки – логічними та обґрунтованими. Публікації автора,

присвячені темі дисертації, підтверджують актуальність обраної проблематики та свідчать про наукову зрілість дослідника.

Дисертаційна робота на тему «Негаусівські ймовірнісні моделі та інформаційні технології для розпізнавання образів» відповідає вимогам Наказу Міністерства освіти і науки № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства освіти і науки № 759 від 31.05.2019 р.) та Постанові Кабінету Міністрів України № 44 від 12.01.2022 р. «Порядок присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (із змінами, внесеними згідно з Постановами Кабінету Міністрів України № 341 від 21.03.2022, № 502 від 19.05.2023, № 507 від 03.05.2024), а її автор, Трухов Артем Сергійович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки», галузі знань 12 – «Інформаційні технології».

Рецензент

доцент кафедри програмного забезпечення
автоматизованих систем Національного
університету кораблебудування
імені адмірала Макарова,
кандидат технічних наук, доцент



Лідія МАКАРОВА

Проректор з наукової роботи
Національного університету
кораблебудування імені адмірала Макарова,
доктор технічних наук, професор



Генадій ПАВЛОВ