

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

Дисертаційна робота присвячена вирішенню важливого науково-практичного завдання – підвищенню ймовірності та точності розпізнавання образів шляхом побудови ймовірнісних моделей, зокрема еліпсоїдів прогнозування для нормалізованих даних, та створенню на їх основі інструментарію інформаційної технології (ІТ) для розпізнавання облич і клавіатурного почерку.

Актуальність дослідження зумовлена широким застосуванням розпізнавання образів у сучасних технологіях, таких як біометричні системи, відеоспостереження, автоматизовані системи контролю доступу, медична діагностика тощо. Особливе значення має застосування цих технологій у системах автентифікації користувачів, які аналізують унікальні характеристики особи, підвищуючи безпеку та точність ідентифікації. Недостатня ймовірність розпізнавання може призводити до серйозних наслідків, зокрема компрометації безпеки чи помилкових діагнозів. У зв'язку з цим існує потреба у розробці та вдосконаленні моделей, які дозволяють підвищити ймовірність та точність розпізнавання образів.

Дисертацію виконано відповідно до планів науково-дослідної роботи кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова в межах ініціативної теми «Негаусівські ймовірнісні моделі для розпізнавання облич» (Державний реєстраційний номер: 0124U004650).

Структура та зміст дисертації

Дисертаційна робота включає вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел, що налічує 129 найменувань, а також три додатки. Загальний обсяг роботи складає 161 сторінку, з яких 139 сторінок займає основний текст. У роботі представлено 50 рисунків та 45 таблиць. Додатки містять документи, що підтверджують впровадження отриманих результатів, список наукових публікацій автора за темою дисертації та інформацію щодо апробації результатів дослідження.

У вступі сформульовано науково-практичну проблему, що розв'язується в дослідженні, висвітлено його значущість і актуальність, окреслено мету та основні завдання, визначено наукову новизну й практичну цінність отриманих результатів, а також наведено відомості про їх апробацію та публікації.

Перший розділ містить огляд існуючих методів і моделей розпізнавання образів, а також обґрунтування необхідності проведення подальших досліджень у вибраному напрямку.

Другий розділ присвячений аналізу нормалізуючих перетворень та вибору оптимального методу для дев'ятивимірних векторів клавіатурного почерку та десятивимірних векторів облич. Окрім цього, розглянуто видалення викидів за допомогою методу, заснованого на квадраті відстані Махаланобіса, із застосуванням нормалізації даних за допомогою багатовимірного перетворення Бокса-Кокса.

Третій розділ зосереджений на побудові негаусівських ймовірнісних моделей у формі дев'ятивимірних еліпсоїдів прогнозування для нормалізованих характеристик клавіатурного почерку та десятивимірних еліпсоїдів прогнозування для нормалізованих характеристик облич. При цьому використовуються багатовимірне перетворення Бокса-Кокса, а також квантилі χ^2 -квадрат і F -розподілу.

У четвертому розділі представлено розроблені інформаційні технології для розпізнавання облич та клавіатурного почерку, створено відповідні інструментарії та програмне забезпечення мовою Python.

Ступінь обґрунтованості положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Дисертаційна робота Трухова А.С. вирізняється комплексним та системним підходом, демонструючи високий рівень наукових узагальнень. Представлені автором наукові положення, висновки та рекомендації ґрунтуються на ретельному аналізі та мають високий рівень обґрунтованості. Їх теоретичною основою є праці провідних фахівців у галузі комп'ютерних наук та інформаційних технологій.

Тема дисертаційного дослідження відповідає проведенню в ньому дослідженнями та отриманими результатами. У роботі послідовно розглядаються питання ймовірнісного моделювання в задачах розпізнавання образів, зокрема застосування нормалізуючих перетворень та статистичних методів для аналізу негаусівських даних. Запропоновані підходи узгоджуються із загальною науковою концепцією роботи та її практичними цілями.

Аналіз змісту дисертації свідчить про чітке формулювання актуальності теми, наукової мети, завдань, об'єкта та предмета дослідження. Достовірність отриманих результатів забезпечується коректною постановкою задачі та використанням сучасних методів теорії ймовірностей, математичної статистики та багатовимірного статистичного аналізу. Це дозволяє автору ефективно оцінювати характеристики випадкових величин, перевіряти статистичні гіпотези щодо нормальності розподілу даних, визначати параметри нормалізуючих перетворень та будувати ймовірнісні моделі.

Експериментальні дослідження, проведені на реальних наборах даних для задач розпізнавання облич та клавіатурного почерку, підтверджують ефективність розроблених підходів. Отримані результати демонструють покращення точності розпізнавання завдяки використанню запропонованих моделей.

Обґрунтованість та достовірність висновків і рекомендацій підтверджується апробацією результатів дослідження на науково-практичних конференціях, а також їхньою публікацією в наукових виданнях. Це свідчить про значну наукову цінність роботи та її вагомий внесок у розвиток методів розпізнавання образів. Дисертаційна робота містить ґрунтовне наукове обґрунтування отриманих результатів та відповідає заявленій тематиці дослідження.

Рівень реалізації визначених наукових завдань

Дисертаційне дослідження містить сім ключових завдань, виконання яких проаналізовано нижче.

1. *Проаналізувати існуючі математичні моделі, що використовуються для розпізнавання образів, та оцінити їх точність при роботі з негаусівськими даними.* Перше завдання реалізоване у повному обсязі. Було проведено детальне дослідження різних математичних моделей, що застосовуються для розпізнавання образів. Особлива увага приділена обґрунтуванню зниження точності, коли вихідні дані не відповідають нормальному розподілу.

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.* Завдання виконано в повному обсязі. Було розглянуто широкий спектр підходів до нормалізації даних, що використовуються для наближення їхнього розподілу до нормального. Проведено ретельний аналіз методів оцінювання параметрів нормалізуючих перетворень, що дало змогу визначити оптимальні

методи для роботи з десятивимірними векторами характеристик облич та дев'ятивимірними векторами 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 десятивимірного нормалізуючого перетворення.

На основі отриманих нормалізованих характеристик облич розроблено модель, що базується на еліпсоїді прогнозування із застосуванням квантиля F -розподілу. Це забезпечило підвищення точності та ймовірності розпізнавання образів. Даний метод детально описано у третьому розділі дисертації, що підтверджує успішне виконання 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'ятивимірного нормалізуючого перетворення.

Було розроблено ймовірнісну модель для розпізнавання клавіатурного почерку на основі дев'ятивимірних нормалізованих характеристик. Модель використовує еліпсоїд прогнозування з квантилем F -розподілу, що дозволило підвищити точність і ймовірність розпізнавання. Виконання завдання підтверджено у третьому розділі дисертаційної роботи.

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

Було здійснено покращення ймовірнісної моделі розпізнавання облич шляхом використання квантиля розподілу χ^2 -квадрат. Це дозволило підвищити її ефективність у завданнях розпізнавання. Завдання повністю виконане.

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'ятивимірного нормалізуючого перетворення.

Запропонована модель розпізнавання клавіатурного почерку була вдосконалена шляхом використання квантиля χ^2 -квадрат, що дало змогу підвищити точність та ймовірність розпізнавання. Робота над цим завданням виконана у повному обсязі.

7. Створити на основі удосконалених ймовірнісних моделей інформаційні технології для розпізнавання облич і клавіатурного почерку. На основі отриманих результатів розроблено інформаційні технології, що

забезпечують розпізнавання облич та клавіатурного почерку. Завдання реалізоване в повному обсязі.

Таким чином, усі поставлені у дисертаційній роботі завдання виконані, що підтверджує досягнення поставленої наукової мети.

Наукова новизна отриманих результатів

Оцінюючи здобутки дисертаційного дослідження, варто вказати на наступні результати, що мають певну наукову новизну та були отримані автором особисто:

- 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 десятивимірного перетворення Бокса-Кокса та кількість точок даних завдяки використанню квантиля F-розподілу, що дозволяє підвищити точність і ймовірність розпізнавання облич;

- 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'ятивимірного перетворення Бокса-Кокса та кількість точок даних завдяки використанню квантиля F-розподілу, що дозволяє підвищити точність і ймовірність розпізнавання клавіатурного почерку;

- удосконалено ймовірнісну модель для розпізнавання облич у вигляді еліпсоїда прогнозування з квантилем Хі-квадрат для нормалізованого вектору характеристик, яка на відміну від існуючих моделей враховує відхилення розподілу даних від гаусівського завдяки застосуванню десятивимірного перетворення Бокса-Кокса, що дозволяє підвищити точність і ймовірність розпізнавання облич;

- удосконалено ймовірнісну модель для розпізнавання клавіатурного почерку у вигляді еліпсоїда прогнозування з квантилем Хі-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.

Практичне значення одержаних результатів

Розробка інструментарію ІТ для розпізнавання облич і клавіатурного почерку на основі векторів характеристик із використанням мови програмування Python дозволила підвищити точність і ймовірність розпізнавання відповідних образів, що підтверджується актом впровадження результатів дисертаційної роботи в ТОВ НВЦ «Діагностика та контроль».

Розробки автора застосовуються при викладанні студентам Навчально-наукового інституту комп'ютерних наук та управління проектами (ННІКНУП) Національного університету кораблебудування ім. адмірала Макарова.

Повнота викладу результатів дослідження в опублікованих працях

Результати дисертаційної роботи викладені у 10 публікаціях. В опублікованих роботах відображені основні положення та результати дисертації.

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.

Усі публікації прямо пов'язані з тематикою дисертації і достатньо повно розкривають її основні положення. У працях, опублікованих у співавторстві, здобувачем відокремлений авторський внесок. На усі використані в роботі джерела інформації є посилання.

Обсяг надрукованих праць та їх кількість відповідає необхідним вимогам щодо публікацій на здобуття ступеня доктора філософії відповідно до 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 КМ № 341 від 21.03.2022, № 502 від 19.05.2023, № 507 від 03.05.2024).

Відсутність порушення академічної доброчесності

В процесі ознайомлення із дисертаційною роботою та із звітом щодо перевірки тексту рукопису електронним сервісом StrikePlagiasm від 13.12.2024 р., порушень академічної доброчесності не встановлено. Всі наукові положення та результати інших науковців, використанні здобувачем у дисертаційній роботі, мають коректні посилання на відповідні джерела.

Оцінка змісту дисертації і відповідності вимогам до оформлення

Аналіз дисертаційної роботи дозволяє зробити висновок, що поставлені наукові завдання вирішено повністю, відповідно до предмета дослідження, а мету роботи досягнуто. Дисертація є завершеним науковим дослідженням.

Дисертація написана грамотною українською мовою, результати розрахунків, моделювання, вимірювальних даних узагальнено за допомогою сучасного математичного апарату та наведено у табличному й графічному вигляді. Отримані результати є достовірними, добре узгоджуються з актуальними науковими підходами і не викликають сумнівів.

Представлена дисертаційна робота за структурою, мовою та стилем викладення відповідає вимогам Міністерства освіти і науки України, що висуваються до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Оцінка рівня володіння методологією наукового дослідження

Здобувач демонструє системний підхід до проведення наукового дослідження, що відображається у всіх розділах роботи. Початковий етап включає всебічний аналіз існуючих методик і моделей, що застосовуються для розпізнавання образів. Це дало змогу виявити їхні обмеження при роботі з негаусівськими даними та обґрунтувати необхідність розробки ймовірнісних моделей. Далі було проведено детальне дослідження нормалізуючих перетворень, що дозволило визначити оптимальні підходи до нормалізації дев'ятивимірних характеристик клавіатурного почерку та десятивимірних характеристик облич.

У межах третього розділу запропоновано ймовірнісні моделі розпізнавання, які ґрунтуються на використанні еліпсоїдів прогнозування, перетворення Бокса-Кокса та квантилів F -розподілу і Хі-квадрат. Завершальний етап дослідження присвячено розробці інформаційних технологій для розпізнавання образів на основі побудованих моделей.

Уся робота структурована відповідно до наукових принципів: чітке формулювання проблеми, обґрунтування методів, їх реалізація та експериментальна перевірка. Отримані результати підтверджують не лише правильність обраного підходу, а й високий рівень володіння дисертантом методологією наукового дослідження.

Дискусійні положення та недоліки щодо змісту дисертаційної роботи

Враховуючи достатній рівень представлення теоретичних та експериментальних результатів наукових досліджень, слід відзначити

наступні недоліки, питання та недостатньо обґрунтовані аспекти дисертаційної роботи:

1) У роботі слід було приділити увагу багатовимірному нормалізуючому перетворенню Джонсона. Це перетворення добре працює з даними, що мають значні відхилення від нормального розподілу. Використання цього підходу дозволило б оцінити його ефективність у порівнянні з іншими нормалізуючими перетвореннями та, можливо, отримати кращі результати.

2) Розроблені у дисертації моделі є орієнтованими на розпізнавання лише одного цільового класу. Це означає, що для кожного нового образу необхідно будувати окрему ймовірнісну модель, що може бути досить трудомістким процесом у реальних умовах використання. Такий підхід ускладнює масштабування системи та її застосування у великих біометричних базах.

3) Представлена в дисертації інформаційна технологія могла б бути краще структурована за допомогою UML-діаграм. Включення таких діаграм, зокрема класів, компонентів і послідовностей, сприяло б кращому розумінню архітектури розробленої системи, її основних компонентів і механізму взаємодії між ними.

Зазначені недоліки не є визначальними та не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації.

Загальна оцінка дисертаційної роботи

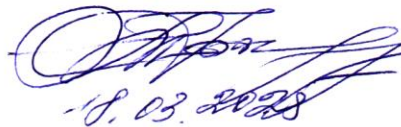
Оцінюючи дисертаційну роботу Трухова Артема Сергійовича «Негаусівські ймовірнісні моделі та інформаційні технології для розпізнавання образів» з урахуванням позитивних її аспектів, дискусійних положень та зауважень, можна стверджувати, що вона є завершеною науковою працею, у якій розв'язано конкретне наукове завдання – підвищення точності та ймовірності розпізнавання образів за рахунок застосування негаусівських ймовірнісних моделей, що має важливе значення для галузі знань 12 – «Інформаційні технології» та спеціальності 122 – «Комп'ютерні науки».

Аналіз змісту дисертаційної роботи і опублікованих праць за темою дослідження дозволяє зробити висновок, що всі пункти наукової новизни, які мають місце, належним чином відображено у роботі.

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) 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 КМ № 341 від 21.03.2022, № 502 від 19.05.2023, № 507 від 03.05.2024), що висуваються до дисертації, поданої на здобуття ступеня доктора філософії, а її автор, Трухов Артем Сергійович, заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 - «Комп'ютерні науки».

Рецензент

директор Навчально-наукового інституту
комп'ютерних наук та управління проєктами
Національного університету кораблебудування
імені адмірала Макарова,
кандидат технічних наук,
професор НУК



Тетяна ФАРІОНОВА

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



Генадій ПАВЛОВ