

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу Трухова Артема Сергійовича
«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 обраної теми дисертаційної роботи

Розвиток інформаційних технологій і зростаюча необхідність автоматизації різних процесів зумовлюють актуальність досліджень у сфері розпізнавання образів. Ця технологія активно впроваджується у численні сфери, сприяючи підвищенню продуктивності та безпеки. Зокрема, у сфері цифрової ідентифікації методи розпізнавання образів відіграють ключову роль у забезпеченні надійного контролю доступу та автентифікації користувачів. В охоронних системах вони застосовуються для аналізу відеопотоків та виявлення потенційних загроз у режимі реального часу.

У галузі робототехніки та промислової автоматизації розпізнавання образів сприяє вдосконаленню процесів виробництва, контролю дефектів та підвищенню рівня автономності роботизованих систем. Не менш важливим є використання цієї технології в електронній комерції та банківській сфері, де аналіз візуальних даних допомагає персоналізувати взаємодію з клієнтами, оптимізувати процеси обслуговування та запобігати фінансовим махінаціям.

З огляду на це, дослідження у сфері розпізнавання образів не лише має фундаментальну наукову цінність, а й відповідає сучасним викликам цифрової трансформації, що робить його особливо значущим для подальшого розвитку інформаційних технологій.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків, сформульованих у дисертації, їх достовірність

Наукові положення, висновки та рекомендації, викладені в дисертаційній роботі, є достатньо обґрунтованими, повними та відповідають сучасним вимогам наукових досліджень. Для їх отримання автор провів

ґрунтовне дослідження, спираючись на вітчизняні та міжнародні літературні джерела, а також використовуючи класичні та сучасні методи аналізу. Достовірність отриманих результатів підтверджується застосуванням математичного моделювання, статистичних методів аналізу та нормалізації даних, а також перевіркою ефективності побудованих ймовірнісних моделей на реальних наборах даних.

У процесі дослідження автор систематизував існуючі підходи до нормалізації даних у розпізнаванні образів, розробив методику їх застосування та експериментально довів покращення точності та ймовірності розпізнавання облич та клавiатурного почерку. Кожен розділ роботи містить логічні висновки, що дають можливість усвідомити сутність проведених досліджень, а також практичну значущість отриманих результатів.

У висновках роботи узагальнено отримані результати та показано їхню взаємопов'язаність, що дозволяє застосовувати розроблені методики в подальших дослідженнях і практичних застосуваннях у сфері розпізнавання образів.

Наукова новизна отриманих результатів

Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в наступному:

1) Вперше побудовано ймовірнісну 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.

2) Вперше побудовано ймовірнісну модель для розпізнавання клавiатурного 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'ятивимірною 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 десятивимірною 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'ятивимірною перетворення Бокса-Кокса, що дозволяє підвищити точність і ймовірність розпізнавання клавіатурного почерку.

Згідно поставленим науковим завданням, дисертаційне дослідження виконане в повному обсязі, а всі поставлені завдання успішно вирішені. Отримані результати підтверджують підвищення точності та ймовірності розпізнавання клавіатурного почерку та облич за рахунок використання розроблених ймовірнісних моделей.

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.

Практична значущість отриманих результатів дослідження також підтверджується наявністю актів впровадження результатів дисертаційної

роботи в ТОВ НВЦ «Діагностика та контроль» та при викладанні студентам Навчально-наукового інституту комп'ютерних наук та управління проєктами (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».

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

Повнота викладу результатів дослідження в опублікованих працях

Аналіз наукових публікацій, повноти представлення результатів дисертації у науковому просторі та особистого внеску здобувача у кожен з них підтверджує, що всі результати дослідження, викладені в дисертаційній роботі, отримані самостійно та повністю відображають основні положення й висновки роботи. Вони широко висвітлені у наукових публікаціях, представлені на науково-практичних конференціях, де були обговорені фаховою спільнотою.

Основні результати дисертаційного дослідження опубліковані у 10 наукових працях. З них 4 статті надруковано у наукових журналах: дві – у виданнях, що на момент публікації входили до переліку наукових фахових видань України, та дві – у міжнародних періодичних наукових виданнях, що індексуються в базах даних Web of Science Core Collection та/або Scopus (за винятком видань держави, визнаної Верховною Радою України державою-агресором). Ще 6 публікацій засвідчують апробацію результатів.

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

Аналіз змісту дисертаційної роботи свідчить про її відповідність чинним вимогам МОН України щодо оформлення дисертаційних досліджень. 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.

Дисертація характеризується чіткою науковою стилістикою викладення матеріалу, логічною побудовою, послідовністю та структурованістю. Всі положення ґрунтуються на сучасних методах математичного моделювання та статистичного аналізу, що підтверджено належними обґрунтуваннями на кожному етапі дослідження. Окрему увагу приділено математичним моделям для розпізнавання клавіатурного почерку, вибору оптимальних нормалізуючих перетворень та побудові ймовірнісних моделей, що забезпечують підвищену точність та ймовірність розпізнавання.

Кожен етап дослідження має завершений характер, результати підкріплені статистичними розрахунками, експериментальними перевірками та відповідними джерелами. Робота містить достатню кількість ілюстративного матеріалу, що покращує сприйняття результатів. Таким чином, дисертаційне дослідження є завершеним, повністю відповідає заявленій тематиці та задовольняє вимогам, викладеним в 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).

Дотримання академічної доброчесності

Аналіз дисертаційної роботи та наукових публікацій автора підтвердив повну відповідність вимогам академічної доброчесності. Згідно з результатами перевірки тексту дисертації електронним сервісом StrikePlagiarism від 13.12.2024 р., порушень академічної доброчесності не виявлено.

Усі використані здобувачем наукові положення та результати інших дослідників коректно оформлені з відповідними посиланнями на першоджерела, що підтверджує дотримання принципів академічної етики та коректності наукового цитування.

Рівень оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності

Дисертаційна робота демонструє системний та ґрунтовний підхід здобувача до отримання наукових результатів. У першому розділі здійснено детальний аналіз існуючих методів і моделей розпізнавання образів, що дозволило виявити їхні обмеження при роботі з негаусівськими даними та обґрунтувати необхідність подальших досліджень. Другий розділ присвячений вивченню нормалізуючих перетворень та вибору оптимального підходу для нормалізації дев'ятивимірних векторів клавіатурного почерку та десятивимірних векторів характеристик облич. У третьому розділі запропоновано метод побудови негаусівських ймовірнісних моделей у вигляді еліпсоїдів прогнозування з використанням багатовимірного перетворення Бокса-Кокса та квантилів Хі-квадрат і F -розподілу.

Отримані результати підтверджують методологічну обґрунтованість дослідження та демонструють здатність здобувача застосовувати наукові підходи до побудови, аналізу та практичної реалізації ймовірнісних моделей. Робота вирізняється логічною послідовністю та методологічною строгістю, що

свідчить про високий рівень володіння здобувачем методологією наукової діяльності.

Відповідність теми дисертації та рівня наукової обґрунтованості результатам досліджень

Тема дисертації повністю відповідає її змісту та проведенням дослідженням. У роботі розглядаються математичні моделі для розпізнавання образів, методи нормалізації даних і побудова ймовірнісних моделей, що узгоджується із заявленою метою та завданнями дослідження.

Наукова обґрунтованість отриманих результатів базується на використанні сучасних методів математичного моделювання та статистичного аналізу, які пройшли апробацію в попередніх дослідженнях інших авторів. Дисертація 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 клавіатурного почерку та облич. Аналіз результатів підтверджує підвищення точності та ймовірності розпізнавання завдяки застосуванню побудованих моделей.

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

Дискусійні положення та зауваження щодо змісту дисертації

Зауваження стосуються як термінологічних моментів, так і питань практичної реалізації запропонованих підходів.

1) Дисертація містить дослідження негаусівських ймовірнісних моделей для розпізнавання цільового класу. Водночас, у практичних застосуваннях часто виникає необхідність розпізнавати не один, а кілька класів одночасно.

Було б корисно обговорити можливості розширення запропонованого підходу на випадок багатокласового розпізнавання.

2) У роботі не розглянуто, наскільки складним є практичне впровадження розроблених моделей та методів. Зокрема, варто було б розглянути перспективи використання спеціалізованого програмного забезпечення або бібліотек для полегшення впровадження запропонованої методики.

3) У роботі не згадується, чи проводилося тестування програмного забезпечення, створеного для виконання експериментів. Важливо оцінити коректність реалізованих алгоритмів та їхню відповідність очікуваним результатам. Наприклад, модульне тестування або верифікація отриманих результатів на контрольних вибірках дозволили б підтвердити стабільність та надійність програмної реалізації.

4) Було б корисно надати більш детальну документацію щодо реалізації програмного коду. Це полегшило б розуміння логіки роботи алгоритмів та їх подальшу модифікацію або розширення.

Незважаючи на виявлені недоліки, дисертація відповідає вимогам до наукових досліджень, а отримані результати мають наукову новизну та практичну значущість.

Висновок

Дисертаційна робота Трухова Артема Сергійовича є логічно завершеним, самостійно виконаним дослідженням, яке присвячене підвищенню точності та ймовірності розпізнавання образів за рахунок використання негаусівських ймовірнісних моделей. У роботі детально проаналізовано існуючі методи та моделі, що застосовуються для розпізнавання образів, обґрунтовано необхідність удосконалення підходів до роботи з негаусівськими даними, а також розроблено ймовірнісні моделі для підвищення точності та ймовірності розпізнавання.

Зміст дисертації повністю відповідає поставленим завданням і меті дослідження. Представлені наукові положення є новими та підтвердженими відповідними експериментами. Отримані результати узгоджуються із сучасними підходами до математичного моделювання та статистичного аналізу. За кількістю та змістом наукові публікації здобувача відповідають вимогам МОН України щодо присудження ступеня доктора філософії. Текст дисертації написаний науковим стилем, логічно структурований, містить необхідну кількість висновків та наукову новизну. Кожен розділ має обґрунтовані та логічно побудовані висновки.

Таким чином, на підставі викладеного можна зробити висновок, що дисертаційне дослідження Трухова Артема Сергійовича 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), а її автор Трухов Артем Сергійович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії, за спеціальністю 122 – «Комп'ютерні науки», галузі знань 12 – «Інформаційні технології».

Офіційний опонент

доцент кафедри інженерії програмного забезпечення
Чорноморського національного університету
імені Петра Могили,
кандидат технічних наук, доцент

Гліб ГОРБАНЬ