

Голові разової спеціалізованої вченої ради  
Національного авіаційного університету  
доктору технічних наук, професору  
Гнатюку Сергію Олександровичу

## РЕЦЕНЗІЯ

кандидата технічних наук, доцента, заступника декана факультету Комп'ютерних наук та технологій Національного авіаційного університету Рябого Мирослава Олександровича на дисертаційну роботу Зівакіна Валерія Дмитровича на тему «Інформаційна технологія розпізнавання даних аерозйомки з використанням багатовимірних представлень», представлена на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки галузі знань 12 – Інформаційні технології

### **Актуальність теми дисертаційного дослідження**

Безпілотні літальні апарати - ефективний технічний засіб який довів свою важливість як у аспекті обороноздатності країни, так і у інших сферах застосування.

Результати роботи відповідають запиту наступного розпорядження: №600 «Деякі питання розвитку критичних технологій у сфері виробництва озброєння та військової техніки»

1. Технології образної інтерпретації, селекції та класифікації цілей для систем самонаведення високоточної зброї

2. Технології машинного навчання, штучного інтелекту, нейронних мереж для проектування, виробництва та експлуатації військової та спеціальної техніки

Та постановов:

1. №256 – «Про реалізацію експериментального проекту щодо здійснення оборонних закупівель безпілотних систем та засобів радіоелектронної боротьби вітчизняного виробництва».

2. №476 – «Про затвердження переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 31 грудня року, наступного після припинення або скасування воєнного стану в Україні».

Метою роботи є розробка інформаційної технології розпізнавання цифрових зображень на основі розробленої моделі оцінки розподілу представлень даних навчального набору повітряної зйомки в багатовимірному просторі та використанням запропонованих методів попередньої обробки.

Важливість покращення ефективності у вирішенні задач розпізнавання та класифікації у контексті сучасного стану інформаційних процесів у країні світі є надзвичайно високою. У зв'язку з цим дисертаційне дослідження Зівакіна В.

Д. є актуальним і має велике прикладне значення для покращення результатів обробки зображень аерозйомки.

### **Наукова новизна отриманих результатів**

Наукова новизна отриманих результатів дисертаційної роботи основним чином полягає у наступному:

1. Вперше запропоновано математичну модель розподілу представлення даних (цифрових зображень) повітряного спостереження в багатовимірному просторі, що будується на оцінці функції та щільності розподілу латентних представлень за допомогою багатовимірних локальних поліноміальних сплайнів близьких до інтерполяційних в середньому на основі В-сплайнів 2-го порядку. Самі представлення отримуються із цифрових зображень шляхом використання мереж-автокодувальників, та бажаним переходом до простору маргінальних розподілів за допомогою МГК. Модель дозволяє мати формальний опис неоднорідних даних для подальших перетворень.
2. Вперше запропоновано метод видалення дублікатів з набору зображень даних повітряного спостереження на основі сплайн-моделі розподілу даних в просторі представлень, який регулюється із введенням граничного рівня схожості зображень. Виявлено, що при використанні методу із граничним рівнем схожості 0.95 ентропія зображень в просторі класів збільшується за рахунок того, що коефіцієнт ексцесу в середньому зменшується вдвічі вдвічі, що знижує ризик до перенавчання моделі.
3. Вперше запропоновано метод імітаційного моделювання нових зображень на основі моделі розподілу навчального набору даних аерозйомки в просторі багатовимірних представлень, який дозволяє за рахунок використання змодельованих зображень підвищити швидкість навчання мінімум в 1.5 рази
4. Розроблено інформаційну технологію розпізнавання та класифікації даних аерозйомки, яка в змозі тренувати різноманітні моделі мереж класифікаторі, які досягають точності розпізнавання не менше 0.9.

### **Практичне значення, отриманих результатів**

1. Розроблено алгоритми по-класового видалення дублікатів з набору даних аерозйомки, який збільшує ентропію в середині кожного класу за рахунок пропорційного зменшення коефіцієнтів ексцесу в просторі головних компонент (~в 2 рази при пороговому рівні схожості 0.95).
2. Розроблений алгоритм видалення дублікатів може використовуватись в інших наборах даних.
3. Розроблено алгоритм по-класової генерації нових зображень для набору даних аерозйомки, який збільшує швидкість навчання моделей мінімум в 1.5 рази та за рахунок перерозподілення точності розпізнавання підвищує розпізнавання "проблемних" класів приблизно на 10 відсотків.

4. Розроблений алгоритм генерації нових даних може використовуватись для інших навчальних наборів.
5. Розроблений алгоритм може використовуватись для аугментації наборів даних таким чином, що деякі класи можуть на 75 відсотків складатись із згенерованих даних, і при цьому досягається попередньо заявлене збільшення точності.
6. Окремі модулі розробленої інформаційної технології можуть використовуватись в інших системах, для покращення результатів класифікації та розпізнавання.
7. Розроблено програмне забезпечення для первинного аналізу та генерації різновимірних наборів даних на основі сплайн-моделі оцінки розподілу випадкових величин (.Net, C#).
8. Розроблено програмне забезпечення (Python, Pytorch) для використання та навчання моделей нейронних мереж-класифікаторів та автокодувальників для різної кількості класів та отримання латентних представлень даних.
9. Для програмного забезпечення (Python) розроблено модуль для по-класового видалення дублікатів на основі запропонованого методу та розробленого алгоритму видалення дублікатів.
10. Для програмного забезпечення (Python) розроблено модуль по-класової генерації нових зображень на основі запропонованого методу імітаційного моделювання та розробленого алгоритму. Для використання в одному середовищі сплайн-оцінка буда дореалізована мовою Python.

### **Мова та стиль викладення результатів**

Дисертаційна робота написана українською мовою, сформована послідовно та доступно, з використанням загальноприйнятої термінології, з урахуванням наукових проблем, тенденцій та вимог галузі.

### **Повнота оприлюднення результатів та дисертаційної роботи**

Основні наукові результати дисертаційної роботи опубліковані у 11 наукових працях, із них: 3 наукові статті, надруковані у вітчизняних фахових наукових виданнях, 1 публікація, включена до міжнародної наукометричної бази Scopus, а також 7 тез доповідей на науково-практичних конференціях.

### **Загальна характеристика структури роботи та змісту дисертаційного дослідження**

Дисертація складається з анотації, змісту, списку умовних позначень, вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел. Повний обсяг дисертації становить 114 сторінок, із них 96 – основного тексту. Робота містить 15 рисунків, 5 таблиць. Список використаних джерел налічує 66 найменувань.

У вступі автором сформульовано актуальність, мету, задачі дослідження, наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів.

У першому розділі здійснено аналіз сучасних методів класифікації цифрових зображень, описано набір даних «Аерозйомка», розглянуто популярні методи зниження розмірності даних.

У другому розділі розроблено модель розподілу навчального набору у просторі представлень, на основі якої розроблено метод вилучення дублікатів з навчального набору та метод генерації нових даних для навчального набору, а також наведено математичний опис згаданих процедур.

У третьому розділі наведено опис п'яти окремих модулів, з яких складається розроблена інформаційна технологія. Перший модуль - основний, в ньому містяться усі основні сутності для роботи із іншими модулями.

Інші є незалежними один від одного і вимагають тільки наявності відповідних основних сутностей, кожен з них реалізує функціонал, що відповідає їхній назві – від тренувань відповідних нейронних мереж до реалізації розроблених методів.

У четвертому розділі наведено результати тестування запропонованих методів та наведено опис проведених експериментів.

В розділі наведено опис чотирьох експериментів:

- Обман мережі-класифікатора, де згенерований датасет подавався на класифікацію до мережі, навченій за допомогою датасету «Аерозйомка».
- Зворотній обман класифікатора, де навчальною вибіркою виступав згенерований набір даних, а на класифікацію подавався набір «Аерозйомка».
- Експеримент із видаленням дублікатів – навчання мереж однакової архітектури на наборі «Аерозйомка» до та після видалення дублікатів.
- Аугментація несбалансованої вибірки, де штучно сформована незбалансована вибірка з окремих класів доповнюється згенерованими зображеннями.

У висновках стисло представлено основні наукові та практичні результати дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог Наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

### **Недоліки та зауваження по роботі**

1. У першому розділі доцільним було б згадати способи класифікації, що не ґрунтуються на нейромережевій обробці, хоча автор і вказав, що наразі це є основний спосіб класифікації цифрових зображень.

2. У другому розділі було б доречним додати відповідні схеми роботи розроблених методів, а не тільки їх по-кроковий опис.

3. У четвертому розділі було б доцільно навести результати експерименту 3 не тільки при по-класовому видаленні дублікатів, а і при роботі в межах всього набору.

4. У четвертому розділі, в експерименті 4 для більш глибокого розуміння краще було б додатково навести абсолютні значення похибок першого та другого роду.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та значимість одержаних результатів. Висловлені зауваження не впливають на позитивне оцінювання дисертаційного дослідження.

### Висновки

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача Зівакіна Валерій Дмитрович на тему «Інформаційна технологія розпізнавання даних аерозйомки з використанням багатовимірних представлень» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченою, цілісною, а сукупність практичних і теоретичних результатів має вагомe значення для галузі знань 12 «Інформаційні технології».

Таким чином дисертаційна робота відповідає вимогам пунктів 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 № 44, а її автор Зівакін Валерій Дмитрович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 – Комп'ютерні науки галузі знань 12 – Інформаційні технології.

### Рецензент

Заступник декана факультету комп'ютерних наук та технологій

Національного авіаційного університету

к.т.н., доцент



Рябий М. О.

«12» 09 2024 року



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*