

## ВСТУП

**Актуальність теми** зумовлюється стрімким розвитком процесів, які потребують швидкого реагування на нетипові зміни для їх подальшого коригування, поки ціна наслідків є низькою. Задача виявлення таких нетипових змін називається задачею скринінгу, особливу групу серед яких складають задачі, ґрунтовані на аналізі планарних зображень, які виникають, наприклад, при медичній діагностиці, дистанційному зондуванні Землі, метеорології тощо. Автоматизація скринінгу дозволяє з більшою ефективністю вирішувати проблеми підвищення продуктивності діяльності людини-оператора, підвищити рентабельність відповідних процесів.

При автоматизації скринінгу основними процедурами, що визначають його достовірність є сегментація регіонів інтересу та їх класифікація. Традиційно, в таких системах використовуються класичні методи комп'ютерного зору (пошук границь, бінарна сегментація за інтенсивністю, кореляційно-екстремальний метод, тощо), однак достовірність їх суттєво обмежена через різноманіття можливих проблем та складність їх формалізації за допомогою наборів простих ознак. В таких умовах доцільно використання класифікаційного методу сегментації (англ. semantic segmentation), для яких в теперішній час використовуються глибокі нейронні мережі, через можливість автоматизації процесу навчання. Також, перевагою нейромережових методів є можливість проводити донавчання в автоматичному режимі, що дозволяє їх використання для різноманітних видів задач з різних предметних областей.

Однак, відомі підходи на основі глибоких нейронних мереж можуть бути застосовані виключно за умови наявності великих тренувальних наборів розмічених даних. Часто, в задачах скринінгу, отримання великої кількості

даних, а також якісної розмітки від професіоналів є дуже дорогим, та іноді не є можливим в принципі через малу кількість прикладів, різноманіття зовнішнього вигляду та неузгодженість розмітників під час формування розмітки в наборах даних. Ще одним шляхом до підвищення достовірності глибинних нейронних мереж є використання багатозадачного навчання, але його застосування потребує додаткової розмітки тренувальних даних.

Таким чином, має місце **протиріччя** між високими вимогами щодо достовірності нейромережових методів в системах автоматизованого скринінгу з одного боку, та необхідністю навчання нейронних мереж з урахуванням частково-помилкової розмітки тренувального набору даних.

Для розв'язання цього протиріччя в дисертаційній роботі “Нейромережові методи аналізу планарних зображень в системах автоматизованого скринінгу” запропоновані відповідні нейромережові моделі та методи. Розв'язання протиріччя, яке вирішується в роботі, зумовлює актуальність розробки та удосконалення нейромережових моделей та методів аналізу планарних зображень в задачах автоматизованого скринінгу для підвищення його достовірності.

**Робота пов'язана з дослідними проектами:** № 700-145 «Моделі, методи та інструментальні засоби підтримки прийняття рішень з підвищення ефективності гідроаеродинамічних процесів в діючому енергетичному обладнанні» (№ ДР 0115U000413); № 448-68 «Дослідження інформаційних сховищ як моделей предметних областей в системах підтримки прийняття рішень» (№ ДР 0104U002401); № 37-62 «Методи моделювання та робочого діагностування складних цифрових систем і мереж» (номер ДР 0110U008194)

**Метою дослідження** є підвищення достовірності класифікації та сегментації планарних зображень в системах автоматизованого скринінгу шляхом розробки моделі та методів аналізу планарних зображень на основі штучних нейронних мереж. Для досягнення мети дослідження поставлено

і розв'язано такі задачі:

- здійснено аналіз зашумлення розмітки в наборах даних для задач автоматизованого скринінгу, проведено аналіз існуючих моделей, методів, алгоритмів та засобів аналізу планарних зображень в системах автоматизованого скринінгу і обґрунтовано вибір напрямку досліджень.
- на основі проведеного аналізу розроблено параметричну модель набору даних, що складається з планарних зображень із зашумленою розміткою для задач класифікації та сегментації, а також метод його генерації.
- розроблено модель нейронної мережі та методи навчання й передбачення для аналізу планарних зображень, що за рахунок використання декількох близьких задачах одночасно дозволяють підвищити точність класифікації та сегментації в умовах зашумлення розмітки даних.
- розроблено інструментальні засоби, що виконують розроблені моделі та методи, і проведено їх випробування в рамках експерименту

**Об'єктом дослідження** є процес аналізу планарних зображень.

**Предмет дослідження** – методи класифікації та сегментації планарних зображень, структури та моделі згорткових нейронних мереж та методи їх навчання.

**Наукова новизна** отриманих результатів.

- *вперше* запропоновано параметричну формалізацію моделі набору даних із зашумленою розміткою що відповідає характеристикам зашумлення в реальних задачах автоматизованого скринінгу, що дає можливість побудувати метод генерації тренувальних та тестових наборів даних.
- *удосконалено* метод генерації наборів даних із зашумленою розміткою на основі параметричної моделі, що за рахунок генерації за-

шумленої розмітки для тренувальної вибірки та незашумленої розмітки - для тестової, дало можливість виконувати тестування впливу зашумлення розмітки на роботу нейромережових методів сегментації та класифікації.

- *удосконалено* модель нейронної мережі, що за допомогою додавання декодера класифікації що дає можливість побудувати методи багатозадачного навчання нейронних мереж та передбачення результатів.
- *удосконалено* методи багатозадачного навчання штучних нейронних мереж та передбачення результатів, що за рахунок об'єднання задач класифікації та сегментації, і введення обмеження другого роду (зверху) до функції втрат для задач з менш точною розміткою, дозволило підвищити достовірність сегментації умовах частково помилкової розмітки навчального набору даних в задачах автоматизованого скринінгу.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в наступному:

- створено параметричну модель наборів даних з зашумленою розміткою і методи їх генерації, що застосовується для тестування методів класифікації та сегментації в умовах частково-помилкової розмітки,
- розроблено нові методи навчання нейронних мереж, що дозволяє їх використання в задачах автоматизованого скринінгу,
- створено інструментальні засоби генерації наборів даних відповідно до розробленої параметричної моделі, а також навчання та передбачення нейронних мереж для задач автоматизованого скринінгу.
- на основі розроблених інструментальних засобів створено ефективні програмні модулі, які інтегровано з “хмарними” сервісами для вирішення ресурсомістких задач навчання нейронних мереж, що

забезпечує високу обчислювальну потужність та швидкість передбачення в задачах автоматизованого скринінгу.

### **Особистий внесок здобувача**

Всі наукові положення, висновки і рекомендації, що містяться в дисертації та виносяться на захист, отримано здобувачем самостійно в період з 2016 по 2020 рр. і узагальнено при оформленні дисертації. У статтях, написаних у співавторстві автору належать: модель нейронної мережі та метод багатозадачного навчання [2-4], модель нейронної мережі та метод підбору порогу класифікації [5], модель нейронної мережі та метод еволюції параметрів [6-8], алгоритм детекції полоси для лінійної камери [9], метод ідентифікації параметрів ковзання [11], метод розпізнавання спектрів [12-13]

### **Апробація результатів дисертації**

Основні положення і результати дисертації доповідалися на міжнародних конференціях Студентів і молодих науковців “Інформатика. Культура. Техніка” ІКТ-2016, ІКТ-2017, ІКТ-2018 (м. Одеса), міжнародній науковій конференції з методів розпізнавання патернів “ICPRAM-2020” (м. Валетта, Мальта, 2020), міжнародних студентських конференціях “Сучасні інформаційні технології” СІТ-2016, СІТ-2017, СІТ-2018 (м. Одеса).

Розроблені в роботі методи отримали **впровадження** в програмний продукт SafetyRadar компанії VITech Lab та в навчальний процес кафедри Інформаційних систем Інституту Комп’ютерних систем Одеського Національного Політехнічного Університету.

### **Публікації**

Основні результати дисертаційної роботи викладено в 13 публікаціях, з них: 8 статей у наукових фахових виданнях України з технічних наук, 1 стаття у зарубіжних наукових періодичних виданнях з напрямку, з якого підготовлено дисертацію, що індексується наукометричною базою SCOPUS, 4 публікацій у працях і матеріалах наукових конференцій.

## **Структура і обсяг роботи**

Дисертація має загальний обсяг 168 сторінок і складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і 3 додатків. Основний текст дисертації викладено на 122 сторінках. Робота містить 59 рисунків і 17 таблиць. Список використаних джерел становить 114 найменувань