

**ВІДГУК**

офіційного опонента на дисертаційну роботу

**Переверзєва Олексія Андрійовича**

на тему

**«Відкриті нейронні мережі в алгоритмах розпізнавання візуальної  
формації для електронних систем безпеки»,**

представлену на здобуття ступеня доктора філософії  
галузі знань 17 «Електроніка та телекомунікації» за спеціальністю 171  
«Електроніка»

**Актуальність теми дисертації.**

Електронні системи безпеки з функцією швидкого і точного аналізу навколишнього середовища з визначенням об'єктів, їх класифікацією за ознаками в умовах реального часу. Вони все більше набувають популярності. Для забезпечення цих функцій пропонуються: по перше - класичні методи та прийоми, на кшталт сегментації даних та морфології ознак; по друге – нові методи, що створюються на основі використання методів глибинного навчання через практичну реалізацію нейронних мереж. В цьому випадку *особливої актуальності* набуває практичне використання алгоритмів роботи цих мереж в системах охорони, контролю доступу та моніторингу критичних об'єктів.

Однак при цьому, можуть виникати ситуації, які пов'язані з низькоякісними зображеннями, шумами та умовами обмеженої видимості самих об'єктів на зображенні. Подолання цих проблем через залучення нейромережевих алгоритмів відкриває перед розробниками можливості для підвищення точності роботи. Можливе підвищення надійності систем розпізнавання об'єктів при аналізі динамічних зображень з камер систем безпеки.

З розвитком технологій машинного навчання алгоритми виявлення та відстеження об'єктів стали ключовими компонентами сучасних систем безпеки, транспортних технологій, військових систем і елементів робототехніки. Вони дозволяють швидко та точно провести ідентифікації об'єктів, навіть у складних умовах, таких як зміна освітлення, фоновий шум чи часткове перекриття об'єктів на площині зображення.

Враховуючи зростаючий попит на інтеграцію інноваційних технологій у сфері безпеки, а також значущість розробки стійких до складних умов алгоритмів, тема використання нейронних мереж для аналізу візуальної інформації з електронних систем безпеки є *надзвичайно актуальною* як у науковому, так і у практичному контексті.

**Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

**Мета і завдання дослідження.**

**Метою дисертаційної роботи** є удосконалення можливостей використання алгоритмів розпізнавання візуальної інформації для електронних систем безпеки приміщень або інших об'єктів мегаполісу, на основі запровадження інструментарію нейронних мереж.

Досягнення поставленої мети передбачає вирішення таких *завдань*:

1. Провести огляд і класифікацію існуючих алгоритмів розпізнавання візуальної інформації, включаючи традиційні методи та підходи на основі нейронних мереж, із акцентом на формулювання їх переваг та обмежень для електронних систем безпеки.

2. Дослідити ефективність сучасних нейронних мереж, які реалізовані в моделях YOLOv7, для задач розпізнавання об'єктів у реальних умовах, та порівняти їх з традиційними методами обробки візуальної інформації.

3. Провести експериментальну оцінку ефективності застосування алгоритмів розпізнавання спеціальних об'єктів у складних умовах, таких як низька видимість, шум, часткове перекриття об'єктів та прозорість. Розробити нові підходи до їх покращення з метою підвищення точності та швидкості розпізнавання спеціальних об'єктів залежно від їх дальності розташування до камери системи відеонагляду.

*Об'єктом дослідження* є програмні алгоритми та методи розпізнавання візуальної інформації в електронних системах безпеки, які використовуються для ідентифікації об'єктів у реальному часі за умов складних умов оточуючого середовища фіксації.

*Предметом дослідження* є динамічне кольорове зображення або секвенція кадрів, отриманих з камери системи відеонагляду, за різних оточуючих умов фіксації.

Отже, мета, предмет, об'єкт дослідження визначені вірно.

**Наукова новизна** результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

- вперше розроблено модифіковану систему розпізнавання зображень, яка дозволяє ідентифікувати об'єкти холодної зброї в інфрачервоному режимі та в умовах низької видимості.

- удосконалено роботу нейронної мережі згорткового типу, яка дозволяє при обробленні зображень зменшувати адитивний яскравісний шум зображення у випадку, коли сам рівень шуму може змінюватись в при аналізі секвенції зображень.

- удосконалено оптичну систему розпізнавання тексту, яка характеризується стійкістю до заважаючих фонових елементів у формі кривих Без'є.



- удосконалено архітектуру моделі YOLO V7 за рахунок додавання капсульного шару, внаслідок чого, отримано покращені результати виявлення об'єктів у складних сценах із частковим перекриттям або зміною форми останніх, а також в умовах зменшеної видимості об'єктів зображення за наявності та відсутності освітлення.

#### *Практичне значення одержаних результатів.*

1. Визначені рекомендації щодо оцінки моделей на основі YOLOv7 дозволяють удосконалити їхню роботу в умовах низького освітлення. Отримані результати можуть бути інтегровані у прикладні рішення для автоматизованого виявлення зброї на інфрачервоних та оптичних зображеннях, що сприятиме у подальшому підвищенню рівня безпеки в громадських та стратегічно важливих об'єктах.
2. Запропоновані підходи до адаптації алгоритмів розпізнавання об'єктів можуть бути використані у військових системах, транспортних технологіях, інтелектуальних системах управління дорожнім рухом та інших галузях, де важливе своєчасне і точне розпізнавання об'єктів.
3. Практичні результати можуть знайти своє застосування у розробці програмного забезпечення для аналізу відеопотоку, орієнтованого на роботу з інфрачервоними камерами, що забезпечить можливість ефективного моніторингу в умовах поганої видимості.
4. Нажаль, у автора відсутні Акти впровадження результатів.

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

#### **Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.**

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Переверзева О.А. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 171 «Електроніка» та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми «Електроніка».

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям 17 «Електроніка та телекомунікації».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадиння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Переверзева Олексія Андрійовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

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

Дисертаційна робота написана українською мовою. Робота викладена на високому науково-технічному рівні з використанням стандартної термінології,



яка прийнята в галузі електроніки, зокрема що стосується електронних систем охорони та засобів електронного відеоспостереження.

Дисертація складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи становить 159 сторінок, включаючи 39 рисунків, 16 таблиць і 108 посилань на джерела.

У вступі зазначені актуальність дослідження, мета та завдання. Додатково сформульовано об'єкт та предмет дослідження, наукову новизну та практичне значення одержаних результатів. Мета, предмет, об'єкт визначені вірно.

В першому розділу роботи проведено порівняння двох найбільш відомих алгоритмів відстеження рухомих об'єктів - CAMShift і Optical Flow. На основі порівняння автор робить висновок: на відміну від CAMShift, алгоритм Optical Flow базується на аналізі змін інтенсивності пікселів між послідовними кадрами. Основне припущення методу полягає в тому, що інтенсивність пікселів залишається сталою під час їхнього переміщення у просторі. Важливо, що автор виділив в розділі як окрему частину опис підходів розпізнавання тексту на зображеннях. Це: на основі використання вейвлет-перетворення та оптичного розпізнавання символів (OCR). Проведено порівняння також і цих підходів. З порівняння автор робить висновки: вейвлет-перетворення підходить для виділення текстових елементів на зображеннях із складним фоном, тоді як OCR використовується для перетворення тексту у цифровий формат для подальшого аналізу. Але у багатьох випадках ці методи використовуються разом. Спочатку вейвлет-перетворення виділяє текст, а OCR розпізнає його, забезпечуючи високу точність навіть у складних умовах. На основі досліджень різних методів автор запропонував використати модель YOLO. Вона базується на ключових елементах архітектури нейронних мереж. Автор навів переваги та обмеження цієї моделі. Автор довів принципи функціонування цієї моделі по відношенню до аналізу статичного або динамічного кольорового зображення.

Другий розділ роботи визначає експериментальну частину дослідження. Спочатку автором сформульовано задачі для вирішення. Перша: перевірити як алгоритми CAMShift та Optical Flow працюють у реальних умовах для задач відстеження реальних об'єктів. Друга: для розробленої архітектури глибинної нейронної мережі перевірити спроможність видалення яскравішого шуму з кольорових зображень, за умови що сама мережа має пройти крізь процедуру навчання. Третя: перевірити розроблену схему алгоритму виділення та розпізнавання тексту на основі алгоритму OCR та застосування вейвлет-перетворення для випадку, коли сам текст нанесено на неоднорідний фон. Четверта: дослідити можливості функціонування моделі YOLO v7 для зображень, які містять об'єкти з різними розмірами та характеризуються складним фоном. Далі автор пропонує вирішення поставлених задач. Так проблема видалення яскравішого шуму типу "зернистість" з зображень вирішується на основі застосування глибинної згорткової нейронної мережі. Сама мережа створена у вигляді 40-згорткових шарів, та поділена структурно



на три частини. Для аналізу якості запропонованої мережі, після її етапу навчання обраховано показники якості обробки зображень (метрики). На основі вейвлет-перетворення автором побудована структурна схема алгоритму виділення та розпізнавання тексту на поверхні зображення. Запропоновано модифіковану архітектуру моделі YOLO v7 з застосуванням ідеї використання капсульних мереж. Такий підхід дозволяє частково вирішити проблему перекриття об'єктів при роботі моделі YOLO v7. Це дозволило автору сформулювати пункт наукової новизни його роботи: удосконалено архітектуру моделі YOLO V7 за рахунок додавання капсульного шару.

В третьому розділі роботи показана одна з реалізацій електронної системи безпеки з вибором відповідного обладнання. В сей час необхідно розробити типову електронну систему безпеки з вибором відповідного обладнання, яка б надала можливість користувачу провести відео аналіз зображення, як в режимі реального часу, так і для записаного відеосигналу з камер. Особливістю третього розділу є перевірка моделі YOLOv7 та розроблення її модифікації для використання в системі відеоспостереження за складних оточуючих умов фіксації зображення з камери системи безпеки. Проведено серію експериментів, які включали аналіз відеопотоку в умовах різної прозорості середовища (імітація туману, забруднення камери), часткової оклюзії об'єктів і повної відсутності освітлення, а також особливості роботи в інфрачервоному режимі.

Класична YOLOv7 не завжди ефективно розпізнає об'єкти зі специфічною формою або деталями, необхідними для точного ідентифікування зброї. Тому автором запропоновано і втілено зображення та анотації поділити на три набори: тренувальний (70%), валідаційний (20%) та тестовий (10%). Це дало змогу належно налаштувати модель, оцінити її продуктивність і запобігти перенавчанню. На наступному етапі практичного експерименту проведено процес навчання нейронної мережі YOLOv7, який є критичним для забезпечення високої точності розпізнавання об'єктів. Навчання моделі проходило з використанням створеного автором датасету, що складався з 2500 зображень холодної зброї, підготовлених та анотованих для оптимального навчання. Код навчання моделі YOLOV7 наведено автором в додатку Б дисертації.

Для навчання моделі проведено 50 циклів (epoch). Це означає, що весь датасет був кілька разів переданий через нейронну мережу, що дозволило моделі поступово покращувати свої характеристики та навчитися більш точно ідентифікувати ножі в різних умовах. Кількість epoch була обрана на основі балансування між точністю та часом обчислень, оскільки збільшення кількості epoch може призводити до негативного явища як перенавчання мережі моделі. Після завершення 50 epoch точність моделі досягла 90,1%. Автором використано попередньо навчену модель YOLOv7 для виявлення об'єктів на кадрах відеопотоку, швидкого та точного визначення координат об'єктів. Відображення результатів у реальному часі дозволяє службовцям оперативно реагувати на ситуацію. Автором прийнято рішення щодо переходу від



традиційного скалярного представлення ознак в моделі YOLOv7 до векторного, що дозволяє краще моделювати складні об'єкти.

Представлені автором рішення є інноваційними, оскільки поєднують переваги YOLOv7 у швидкості обробки з можливістю капсульних мереж. Це дозволяє покращувати розпізнавання об'єктів складної форми і значно підвищити ефективність аналізу безпечності середовища. Запроваджені зміни в структуру моделі YOLOv7 дозволили отримати кращі значення точності з розпізнавання об'єкту холодної зброї.

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

### **Оприлюднення результатів дисертаційної роботи**

Наукові результати дисертації висвітлені у 4 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 4 статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України. Також результати дисертації були апробовані на науковій фаховій конференції.

Таким чином, наукові результати, що описані в дисертаційній роботі, повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

До недоліків та зауважень роботи слід віднести:

1. В назві роботи дисертації використано словосполучення “відкриті нейронні мережі”, але в самій роботі не зовсім чітко визначено, а саме у чому полягає відкритість цих нейронних мереж.
2. Не зовсім коректно визначено назву пункту 3.6 роботи і краще замість словосполучення “логіка роботи...” використати словосполучення “технічні особливості функціонування...” (стор.106).
3. В розділі роботи «Зв'язок роботи з науковими програмами та темами» не наведені назви конкретних тем, госбюджетних чи договірних, за якими працював автор.
4. Математичні вирази по тексту дисертації пронумеровані рідко.
5. Дані алгоритмів мереж у підрозділі 1.7 потребують конкретних прикладів.
6. Розділ 2 має великий процент оглядових матеріалів. 45 сторінок оглядових матеріалів — це 30% роботи. Зазвичай оглядові частини складають 15% роботи.
7. На рисунку 2.1. треба було б показати координатну прив'язку об'єкту, тоді аналіз даних рисунків був би більш конкретним. Рисунок 2.2. не показує результатів роботи автора, посилання на [59].

8. Бажано, щоб автор не просто текстом описував алгоритми, а приводив їх блок-схеми.
9. Є повтори в посиланнях на один рисунок (3.17).
10. Акти впровадження результатів відсутні.
11. Апробація роботи наведена, але у подальшому рекомендується автору брати більш активну участь у наукових семінарах та конференціях.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

### **Висновок про дисертаційну роботу**

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Переверзева Олексія Андрійовича на тему «Відкриті нейронні мережі в алгоритмах розпізнавання візуальної інформації для електронних систем безпеки» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань «Електроніка та телекомунікації». Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 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 Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Переверзев Олексій Андрійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 17 «Електроніка та телекомунікації» за спеціальністю 171 «Електроніка».

### **Офіційний опонент:**

Професор кафедри механотроніки,  
Дніпровський національний  
університет імені Олеся Гончара  
д.т.н., професор,

Відмінник освіти України

Дніпровський національний  
університет імені Олеся Гончара  
Підпис: *Галина Сокол*  
Начальник відділу кадрів  
19 06 2023 р.

*Галина Сокол*

Галина СОКОЛ