

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи
Дніпровського національного
університету імені Олеся Гончара
Олег МАРЕНКОВ
« 06 » 2024 р.

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертації Сизоненко Олександри Дмитрівни на тему «Розроблення технології та програмних засобів виявлення та розпізнавання об'єктів у режимі реального часу», представленої на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення

ВИТЯГ

з протоколу №3 засідання міжкафедрального семінару при постійно діючому семінарі «Актуальні питання оптимізації та дискретної математики» при Науковій раді НАН України з проблеми «Кібернетика» факультету прикладної математики
Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара від
«17» червня 2024 року

ПРИСУТНІ: 21 з 21 членів наукового семінару.

ГОЛОВА НАУКОВОГО СЕМІНАРУ: член-кореспондент НАН України, д-р фіз.-мат. наук, проф. Кісельова О. М. (01.05.01 – теоретичні основи інформатики та кібернетики), в.о. декана факультету прикладної математики, професор кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

СЕКРЕТАР ЗАСІДАННЯ: канд. фіз.-мат. наук, доц. Кузенков О. О. (01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи) доцент кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

ЧЛЕНИ НАУКОВОГО СЕМІНАРУ: д-р фіз.-мат. наук, проф. Шевельова А. Є. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), професор кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

д-р фіз.-мат. наук, проф. Гарт Л. Л. (01.05.01 – теоретичні основи інформатики та кібернетики), професор кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

д-р техн. наук, проф. Байбуз О.Г. (05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту), завідувач кафедри математичного забезпечення FOM Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. фіз.-мат. наук, доц. Турчина В. А. (01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи), завідувачка кафедри обчислювальної

математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. техн. наук, доц. Мацуга О.М. (05.13.06 – автоматизовані система управління та прогресивні інформаційні технології, доцент кафедри математичного забезпечення ЕОМ Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. техн. наук, доц. Антоненко С.В. (05.13.06 – автоматизовані системи управління та прогресивні інформаційні технології), доцент кафедри математичного забезпечення ЕОМ Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. техн. наук, доц. Сидорова М.Г. (05.13.06 – інформаційні технології), доцент кафедри математичного забезпечення ЕОМ Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. фіз.-мат. наук, доц. Божуха Л.М. (01.01.01 – математичний аналіз), доцент кафедри математичного забезпечення ЕОМ Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. техн. наук, доц. Білобородько О. І. (05.13.06 – автоматизовані системи управління та прогресивні інформаційні технології), доцент кафедри математичного забезпечення ЕОМ Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. техн. наук, доц. Ємел'яненко Т.Г. (05.13.06 – автоматизовані системи управління та прогресивні інформаційні технології), доцент кафедри математичного забезпечення ЕОМ Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. фіз.-мат. наук, доц. Наконечна Т.В. (01.01.01 – математичний аналіз), доцент кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

Мащенко Л. В., старший викладач кафедри математичного забезпечення ЕОМ Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

Полонська А. Є., асистентка кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

Лисиця Н. М., асистентка кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

Сірик С. Ф., асистентка кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

Єгошкін Д. І., асистент кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

Красношанка Д. В., старший викладач кафедри комп'ютерних технологій Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

Лапєць О. В., асистент кафедри математичного забезпечення ЕОМ Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

Лирчиков В. О., асистент кафедри математичного забезпечення ЕОМ Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

ЗАПРОШЕНІ ФАХІВЦІ (6 осіб, з правом голосу):

канд. техн. наук, доц. Клименко С. В. (05.13.06 – інформаційні технології), завідувачка кафедри кібербезпеки та комп'ютерно-інтегрованих технологій, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара Міністерства освіти і науки України, доцент кафедри радіоелектронної автоматики, 2013 рік;

д-р техн. наук, проф. Гнатушенко Вікторія Володимирівна (01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи), завідувачка кафедри інформаційних технологій і систем (ІТС) Український державний університет науки і технологій, Інституту промислових та бізнес технологій, ;

канд. фіз-мат. наук, доц. Ходанен Т.В. (01.02.04 – механіка деформівного твердого тіла), доцент кафедри теоретичної та комп'ютерної механіки Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

д-р техн. наук, доц. Рак Т.Є. (05.13.06 – інформаційні технології), проректор з науково-педагогічної роботи, доцент кафедри інформаційних технологій та телекомунікаційних систем Приватного закладу вищої освіти «ІТ Степ Університет» Міністерства освіти і науки України;

д-р техн. наук, доц. Голуб С.В. (05.13.06 – інформаційні технології), завідувач кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем, Черкаський державний технологічний університет Міністерства освіти і науки України, доцент кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем.

канд. техн. наук, доц. Сергєєва К.Л. (05.13.06 – інформаційні технології), доцент кафедри геоінформаційних систем Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» Міністерства освіти і науки України;

На засіданні присутні аспіранти: Антонюк В.А., Молодець Б. В., Сизоненко О. Д.

Аспіранти участі в голосуванні не брали.

Порядок денний: розгляд і обговорення дисертаційної роботи аспірантки кафедри математичного забезпечення ЕОМ Сизоненко Олександр Дмитрівни на тему «Розроблення технології та програмних засобів виявлення та розпізнавання об'єктів у режимі реального часу», поданої на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення.

Тема дисертації затверджена на засіданні вченої ради Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, протокол № 4 від 19 листопада 2020 р. Уточнену тему затверджено на засіданні вченої ради Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, протокол №7 від 21 лютого 2024 р. Науковим керівником призначено канд. фіз.-тех. наук, доц. Божуху Л.М.

Підготовка здобувача третього рівня вищої освіти здійснюється за акредитованою освітньо-науковою програмою «Інженерія програмного

забезпечення» зі спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення (сертифікат про акредитацію освітньої програми 7905, дійсний до 14.05.2025р.).

СЛУХАЛИ:

Обговорення дисертації аспірантки 4 року навчання Сизоненко Олександрі Дмитрівни на тему: «Розроблення технології та програмних засобів виявлення та розпізнавання об'єктів у режимі реального часу» на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення.

Перевірку на плагіат здійснювала комісія у складі: канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Кузенков О. О., канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри обчислювальної математики та математичної кібернетики Козакова Н. Л., провідний інженер науково-дослідної лабораторії Оптимізації складних систем Яцечко Н. Є.

За результатами перевірки дисертаційної роботи на плагіат програмою «Strikeplagiarism» зроблено висновок: дисертаційна робота Сизоненко О.Д. має високий рівень унікальності (95,77 %) і може бути допущена до захисту.

Робота виконана на 172 сторінках і містить такі складові частини: анотація, зміст, вступ, основна частина, висновки, список використаної літератури.

Слово надається аспірантці Сизоненко О. Д. Будь ласка, регламент виступу - 10 хвилин.

Аспірантка Сизоненко О. Д.

Шановні голово, шановні члени міжкафедрального семінару, шановні присутні!

Тема моєї дисертації: «Розроблення технології та програмних засобів виявлення та розпізнавання об'єктів у режимі реального часу».

Актуальність теми. Сфера застосування безпілотних літальних апаратів постійно зростає і виникає необхідність адаптації алгоритмів машинного навчання та моделей глибинного навчання для використання саме на борту БпЛА при врахуванні обмеженості обчислювальних ресурсів та специфіку організації отриманого відеопотоку даних. У роботі підкреслюється увага вже існуючих архітектурних рішень реалізації згорткової нейронної мережі при використанні методів та алгоритмів машинного навчання. Встановлене протиріччя долається внесенням додаткових умов для задачі опрацювання великого набору зображень відеопотоку, який постійно оновлюється та може вміщувати інформацію про об'єкти різного розміру та форми для задачі розпізнавання та відстеження.

Метою роботи є підвищення точності виявлення, розпізнавання та відстеження об'єктів в режимі реального часу та реалізації відповідної технології у вигляді програмного засобу.

Досягнення вказаної мети дослідження забезпечується виконанням наступних завдань:

- провести аналіз існуючих технічних та програмних рішень виявлення об'єктів у відеопотоці даних та подальшого їх розпізнавання та відстеження;
- виконати препроцесінг зображень для навчання моделі;
- удосконалити існуюче архітектурне рішення реалізації згорткової нейронної мережі при використанні методів та алгоритмів машинного навчання;
- реалізувати технологію розпізнавання та відстеження об'єктів з використанням сучасних технологій комп'ютерного зору та штучного інтелекту;
- провести експеримент та оцінити ефективність запропонованої технології.

Об'єктом дослідження є процеси оброблення даних в задачах виявлення, розпізнавання та відстеження об'єктів у режимі реального часу.

Предметом дослідження є моделі, алгоритми та програмні засоби використання згорткових нейронних мереж для вирішення задачі розпізнавання та відстеження об'єкта.

Наукова новизна результатів дослідження полягає в наступному:

- вперше розроблено архітектурне рішення побудови нейронної згорткової мережі задачі виявлення, розпізнавання та відстеження об'єктів в режимі реального часу, що відрізняється від існуючого рішення тим, що використовує більшу кількість блоків розпізнавання об'єктів різного розміру;
- вперше обґрунтовано можливість використання в розробленій технології PFNB-блоку, який базується на архітектурному рішенні Faster-Net, що використовує багатомасштабну мережу об'єднання ознак для демонстрації покращеної точності розпізнавання у порівнянні з базовою технологією;
- вперше сформований власний набір даних для апробації розробленої технології;
- вперше запропоновано архітектуру кросплатформної бібліотеки для реалізації технології виявлення, розпізнавання та відстеження об'єктів, яка є п'ятимасштабною структурою і містить механізм уваги ViFormer з малою обчислювальною потужністю, що дозволяє покращити точність виявлення малих об'єктів та покращує увагу до ключової інформації на карті об'єктів;
- вперше проведено моделювання порівняльних експериментів на YOLO v9 на невеликому наборі даних, які відрізняються використанням різних видів функцій втрат при зберіганні інших умов навчання незмінними, що показало використання функції регресійних втрат WIoU v3 найефективнішою для побудованої моделі;
- вперше проведено моделювання експериментів на невеликій кількості зображень при додаванні до базової моделі блоків детектування групи PFNB, які об'єднують дрібні особливості шарів нейронної згорткової мережі, що збільшує на невеликому наборі даних усереднене значення та при їх одночасному використанні розмір моделі і кількість параметрів зменшується;

– вперше проведено моделювання експериментів на покращеній моделі YOLO v9 P, яка відрізняється від базової моделі YOLO v9 функцією втрат, методом злиття ознак та модифікованою архітектурою блоку розпізнавання, що на невеликому наборі даних дозволило отримати покращення усередненого значення на 7,7% і середню точність від 2,5% до 14,1%.

У першому розділі дисертації акцентується увага на розгляді предметної області та аналізі сучасних методів виявлення, розпізнавання та відстеження об'єктів. Особлива увага приділена етапам розвитку нейронних згорткових мереж та моделям глибокого навчання для проведення аналізу побудованих архітектурних рішень та використаних алгоритмів. Також розглянуто проблеми, пов'язані з реалізацією інтелектуальних систем у режимі реального часу, включаючи оброблення великого обсягу даних, та оптимізацію швидкості роботи програмних засобів.

В даній роботі було розглянуто такі методи, як метод віднімання фону, метод Віоли-Джонсона, алгоритми Fast та Faster R-CNN, метод SSD та сімейство алгоритмів YOLO.

В другому розділі проведено порівняння YOLO та Faster R-CNN, описано архітектуру мережі YOLO v9 та обґрунтовані покращення алгоритму YOLO v9.

Оскільки швидкість виходу нових версій алгоритму YOLO дуже висока, на момент проведення порівняльної оцінки використовувались версії алгоритму v3 та v5, що на той момент були найновішими.

Результати порівняння представлені на слайді. Та згідно з ними, хоча, Faster R-CNN і точніший, проте час обробки одного зображення більший на декілька порядків. Оскільки метою роботи є виявлення об'єктів саме в режимі реального часу, було обрано сімейство алгоритмів YOLO для подальшої роботи.

На даному слайді показано загальну архітектуру алгоритму YOLO v9. Вона складається з хребта, шиї та голови, що показано на рисунку з правого боку. Та допоміжної гілки і голови – з лівого.

Допоміжна гілка використовується при навчанні для пришвидшення збіжності. Навчена модель перед використанням проходить через параметризацію для видалення допоміжної гілки, що дозволяє зменшити кількість обчислень та вагу моделі без втрати точності.

Основні ідеї стратегії покращення полягають у наступному:

– функція втрат WIoU v3 використовується як обмежувач регресійних втрат і включає в себе динамічний немонотонний механізм, що надає розумну стратегію розподілу градієнтного посилення, яка зменшує появу великих або шкідливих градієнтів від екстремальних вибірок; модуль WIoU v3 більше фокусується на вибірках звичайної якості, тим самим покращуючи як здатність моделі до узагальнення, так і загальну продуктивність;

– в опорну мережу вводиться динамічний механізм розрідженої уваги блок ViFormer, який зменшує обчислення та споживання пам'яті, заповнюючи більшість низькорелевантних областей на графі ознак, а потім звертає увагу на

високорелевантні ознаки; блок ViFormer покращує увагу моделі до ключової інформації у вхідних ознаках і оптимізує ефективність виявлення моделі;

– на основі FasterNet запропоновано ефективний блок обробки ознак Perception FasterNet Block (PFNB), який використовує менше обчислень та звернень до пам'яті під час роботи; на основі PFNB було розроблено два нові шари виявлення.

Запропонована багатомасштабна мережа злиття ознак робить поверхневі ознаки і глибокі ознаки повністю взаємодоповнюючими, що ефективно покращує ефект виявлення моделі на малих об'єктах. Остаточну покращену мережеву модель YOLOv9-P показано на екрані. Удосконалена модель змінює початкове 3-масштабне виявлення на 5-масштабне, що ефективно покращує загальну ефективність виявлення моделі, особливо для малих об'єктів.

Задача виявлення об'єктів під час аерофотозйомки з БПЛА ускладнюється високою часткою дрібних об'єктів, тому розроблена функція втрат може суттєво покращити ефективність виявлення моделі.

YOLOv9 використовує DFL та CIOU для обчислення регресійних втрат обмежувальної рамки, проте CIOU має такі недоліки: по-перше, він не враховує баланс складних та простих вибірок. По-друге, CIOU використовує співвідношення сторін як один із штрафних множників функції втрат, і якщо співвідношення сторін реальної та прогнозованої рамки однакове, але значення ширини та висоти відрізняються, штрафний множник не може відобразити реальну різницю між цими двома рамками. По-третє, обчислення формули CIOU передбачає використання оберненої тригонометричної функції, що збільшує цикломатичну складність моделі. Формула CIOU наведена на слайді.

EIoU вдосконалює CIOU, розглядаючи довжину та ширину окремо як штрафні члени, що відображають різницю в ширині та висоті між реальною та прогнозованою рамками, що є більш обґрунтованим порівняно зі штрафним членом CIOU. Формула для обчислення EIoU наведена на слайді.

У той час як кілька основних функцій втрат, попередньо представлених, використовують статичний механізм фокусування, WIoU не тільки враховує аспект, міжцентрову відстань і площу перекриття, але також вводить динамічний немонотонний механізм фокусування. WIoU застосовує розумну стратегію розподілу градієнта посилення для оцінки якості якірної коробки. Автор Тонг запропонував три версії WIoU: v1 було розроблено з урахуванням прогнозованих втрат на основі уваги, у v2 і v3 додали коефіцієнти фокусування. WIoUv1 вводить відстань як метрику уваги. Коли об'єктний блок і передбачуваний блок перекриваються в межах певного діапазону, штраф за зменшення геометричної метрики дозволяє моделі отримати кращу здатність до узагальнення. Формула для розрахунку $L_{WIoU v1}$ наведена на слайді

Функція WIoUv2 застосовується до WIoUv1 шляхом побудови монотонного коефіцієнта фокусування L^*IoU , який ефективно зменшує вагу простих прикладів у значенні втрат. Однак, враховуючи, що коефіцієнт зменшується в міру того, як L_{IoU} зменшується під час навчання моделі, що призводить до сповільнення збіжності. Для нормалізації коефіцієнту

вводиться середнє значення L_{IoU} . Формула для обчислення L_{WIoUv2} має вигляд показаний на слайді:

$WIoUv3$ визначає відхилення β для вимірювання якості опорного кадру, буде немонотонний коефіцієнт фокусування r на основі β і застосує r до $WIoUv1$. Мале значення β вказує на високу якість опорного кадру, і йому присвоюється менший коефіцієнт підсилення, що зменшує вагу високоякісних опорних кадрів у більшій функції втрат. Велике значення β вказує на середню якість анкерного блоку, і йому присвоюється невеликий коефіцієнт підсилення градієнта, що зменшує шкідливі градієнти, які генеруються низькоякісними анкерними блоками. $WIoUv3$ використовує розумну стратегію розподілу градієнтного підсилення для динамічної оптимізації ваги високоякісних і неякісних анкерних блоків у втратах, що змушує модель фокусуватися на зразках середньої якості і покращує загальну продуктивність моделі. Формули $WIoUv3$ наведено в рівняннях зправа. δ і α є гіперпараметрами, які можна налаштувати для різних моделей.

На слайді показано порівняльна таблиця.

Яку отримано за допомогою використання алгоритму з різними версіями функції втрат. Як видно з таблиці $WIoU v3$ дає найкращі показники з точності.

Ефективний механізм уваги дозволяє будувати надійні та потужні моделі на основі даних, що робить моделі більш гнучкими при роботі зі складними та великими даними. Механізм уваги працює наступним чином: спочатку ТЕНЗОР отримується шляхом кодування послідовності вхідних даних. Потім матриці запитів Q , ключів K та значень V , отримуються за допомогою матриць лінійних перетворень. Обчислюється добуток між запитом і відповідним ключем, потім нормалізується і множиться на матрицю V для отримання зваженої суми. Величина d_K позначає вимірність матриці K і $\sqrt{d_K}$ вводиться для того, щоб запобігти зникненню градієнта результату. Обчислення механізму уваги можна виконати за формулою, що наведено на слайді.

Однак звичайний механізм уваги має недоліки, пов'язані з високою обчислювальною складністю та великим використанням пам'яті. Моделі виявлення, що використовуються на бортах БпЛА, обмежені в ресурсах, і якщо ввести звичайний модуль уваги безпосередньо в модель, він займе більшу частину платформи і знизить швидкість інференції моделі.

Щоб вирішити ці проблеми, автор Чжу запропонував новий механізм динамічної розрідженої уваги: дворівневу маршрутизуючу увагу.

Блок $ViFormer$ розроблено на основі механізму дворівневої маршрутизуючої уваги, як показано на рисунку.

Блок $DWConv$ у цьому блоці позначає глибоку відокремлювану згортку, яка може зменшити кількість параметрів та обчислень в моделі.

LN позначає обробку нормалізації шару, яка може прискорити навчання та покращити здатність моделі до узагальнення.

MLP позначає багатошаровий перцептрон, який додатково обробляє та налаштовує ваги механізму уваги, щоб посилити увагу моделі до різних ознак. Символ додавання вказує на з'єднання двох векторів ознак.

У дисертаційному дослідженні блок ViFormer введено до хребта моделі YOLOv9. З одного боку, ViFormer може враховувати обмеженість обчислювальних потужностей та ресурсів пам'яті апаратної платформи БпЛА. З іншого боку, механізм динамічної уваги цього блоку дозволяє покращити увагу моделі до критично важливої інформації про об'єкт та оптимізувати ефективність виявлення моделі.

З проведених експериментів, було виявлено що найкращий приріст точності отримується при додаванні блоку ViFormer між 4:Conv та 6:Conv опорної мережі моделі.

У багатьох існуючих роботах для зменшення частоти пропусків малих об'єктів до моделі додають шкали виявлення, що є ефективним методом покращення. Однак такий підхід може ускладнювати структуру моделі та збільшувати споживання обчислювальних ресурсів і ресурсів для зберігання даних. Для вирішення цієї проблеми в роботі запропоновано блок обробки ознак, який називається PFNB, та розроблено багатомасштабну мережу злиття ознак на основі цього блоку. Точність виявлення малих об'єктів значно покращується при зменшенні надмірного споживання ресурсів.

Завдання виявлення об'єктів для платформ БпЛА обмежені обчислювальними ресурсами, тому шукаються моделі з простою структурою, низькою затримкою і високою пропускну здатністю. Деякі класичні легкі мережі, такі як MobileNet, GhostNet, використовують глибоку згортку або групову згортку для вилучення просторових ознак зображень. Глибока згортка зменшує вхідні розміри ознак шляхом згортки вхідних зображень, згрупованих за розмірами ознак, зменшуючи кількість параметрів, зберігаючи при цьому інформацію про ознаки в основному незмінною. Групову згортку можна розглядати як розріджену форму традиційної згортки, коли вхідні канали згортаються один за одним, що може бути використано для зменшення параметрів моделі та досягнення мети легких моделей. Більшість таких полегшених моделей зосереджені на зменшенні кількості операцій над точками (FLOP), і дуже мало відповідних робіт розглядають низьку кількість операцій над точками за секунду (FLOPS) моделі. Однак, зменшення параметрів моделі не призводить до збільшення швидкості обчислень моделі. Тому деякі роботи з використанням глибокої або групової згортки в спробі спроектувати легкі та швидкі блоки нейронної мережі в деяких випадках не прискорюють роботу моделі, а навіть погіршують затримку.

На практиці глибинна згортка потребує додаткової точкової згортки або інших обчислювальних витрат, щоб компенсувати зниження точності після операції згортки, що призводить до додаткових витрат на доступ до пам'яті та збільшує затримку. Для виправлення цих недоліків, автори Чен та ін. [45] запропонували часткову згортку (PConv). PConv використовує звичайну згортку для виконання операції згортки над деякими неперервними

елементами вхідного каналу, а решта елементів обробляється за допомогою тотожного відображення, залишаючи канал незмінним.

Автори Чен та ін. запропонували блок FasterNet на основі PConv, який являє собою модуль, що складається з шару PConv і двох згорткових шарів 1×1 , з'єднаних послідовно, як показано на рисунку зверху.

Надмірне використання шарів нормалізації та активації може призвести до зменшення різноманітності ознак, що може вплинути на продуктивність моделі. Тому в блоці FasterNet шари нормалізації та активації використовуються тільки після другого шару згортки.

У дисертаційному дослідженні переглянуто структуру блоку FasterNet. У цьому блоці використовується шар згортки 1×1 , що дозволяє зменшити кількість параметрів, пришвидшити навчання та підвищити здатність моделі до нелінійної підгонки. Однак область сприйнятливості згортки 1×1 є відносно невеликою і їй не вистачає для набуття глобальних особливостей. Також враховано, що блок FasterNet використовує лише одне коротке з'єднання, а вхідні ознаки згортаються через три шари, що може призвести до деградації мережі та зникнення ознак у міру поглиблення моделі в глибину. Для вирішення вищезазначених проблем у дисертаційному дослідженні запропоновано PFNB на основі блоку FasterNet, структура якого показана на рисунку знизу.

По-перше, PConv використовується для заміни двох шарів згортки 1×1 у блоці FasterNet, що покращує сприйнятливе поле, одночасно роблячи вихідний модуль швидшим та ефективнішим. По-друге, залишкова конкатенація додається до двох останніх шарів згортки в блоці, щоб збагатити характеристики вихідної інформації, зменшити втрату неефективних характеристик і оптимізувати ефективність виявлення моделі.

На даному слайді показано результати експериментів з порівняння різних версій алгоритму YOLO, таких як YOLO v8n, v8s, v8m, v9 та розроблена YOLO v9P. На даному слайді показано результати експериментів з абеляцією. На даному слайді показано точність роботи зробленого алгоритму на датасетах ТАИВД та власноруч розробленому.

Отже, сукупність отриманих в дисертаційному дослідженні результатів вирішує актуальне науково-технічне завдання розроблення технології підвищення точності розпізнавання та відстежування об'єктів у режимі реального часу.

Зазначене наукове завдання має істотне значення для розвитку технологій глибокого навчання, алгоритмів та методів покращення роботи програмних рішень при використанні на борту БпЛА. Враховуючи стрімкий розвиток інформаційних технологій, постійне оновлення вже існуючих рішень та обмеженість доступу до інформаційних ресурсів наукових публікацій, можна визначати результати досліджень такими, що мають високу значущість.

Практичне використання розробленої технології підтверджено експериментальним впровадженням в ТОВ «КАНЬОН ІНЖИНІРИНГ», зокрема у процес розробки проєкту «FridgeEye», що дозволяє проводити

розпізнавання об'єктів у реальному часі та використовувати в інтелектуальних системах з обмеженими ресурсами.

Таким чином, усі поставлені завдання у даному науковому дослідженні повністю виконані.

Дякую всім за увагу!

ЗАПИТАННЯ ТА ВІДПОВІДІ

Канд. техн. наук, доц. Мацуга О.М. (05.13.06 - автоматизовані система управління та прогресивні інформаційні технології, доцент кафедри математичного забезпечення ЕОМ Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:

Який розмір набору даних був та яка кількість класів в ньому?

Сизоненко О.Д.:

Свою технологію вивчала на невеликій кількості зображень, це 120 штук, та було використано 7 класів.

канд. техн. наук, доц. Антоненко С.В. (05.13.06 - автоматизовані системи управління та прогресивні інформаційні технології), доцент кафедри математичного забезпечення ЕОМ Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:

Задача, яку ви розглядаєте досліджувалась також й іншими науковцями. Які нові результати вдалося отримати для розв'язання цієї задачі?

Сизоненко О.Д.:

В версію 9 алгоритму YOLO було інтегровано блок BeFormer, вперше представлений в березні 2023 року у статті BiFormer: Vision Transformer with Bi-Level Routing Attention представниками міського Університету Гонконгу Венг, Лей Джу та інші. Також було інтегроване wise iou, вперше презентовано 8 квітня 2023 року в статті Wise-IoU: Bounding Box Regression Loss with Dynamic Focusing Mechanism Занжя Тонг та іншими та створений новий блок PFNB який базується на блоці Faster net, основу для якого складає згортка rconv. Блок Faster Net та блок rconv були презентовані 21 травня 2023 року представниками Куст та Texas State University.

Було отримано нову архітектуру нейронної мережі, потенційно оптимізовану для використання на борту бпла.

На даний момент потребує вичерпного практичного тестування на додаткових модулях, що будуть встановлюватись на борт бпла для визначення міри її практичної природності.

Канд. техн. наук, доц. Мацуга О.М. (05.13.06 – автоматизовані система управління та прогресивні інформаційні технології, доцент кафедри математичного забезпечення ЕОМ Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:

Чи використовували Ви переднавчання розробляємої технології?

Сизоненко О.Д.:

Ні, не використовувала. Тому що моя модель має іншу архітектуру, вона має блоки, яких немає в архітектурі YOLO v9, та відрізняється кількість головок детекції.

канд. техн. наук, доц. Антоненко С.В. (05.13.06 – автоматизовані системи управління та прогресивні інформаційні технології), доцент кафедри математичного забезпечення ЕОМ Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара:

В чому різниця версій, наприклад, 9 та 8?

Сизоненко О.Д.:

Основна різниця – це постачальник. Постачальником і головним розробником версії 8 є ультраіткс та 8 версія базується на його публічному репозиторію. Версія 9 є open source проєкт, який був створений за підтримки комуніті та аналогічній версії 7 YOLO, що в свою чергу базується на версії 5. Тобто це принципово 2 різні алгоритми.

ВИСТУП НАУКОВОГО КЕРІВНИКА:

Мій офіційний відгук з оцінкою роботи аспірантки 4 року навчання Сизоненко Олександри Дмитрівни подано до відділу аспірантури та голові на засіданні сьогоднішнього міжкафедрального наукового семінару.

Дисертаційна робота Сизоненко Олександри Дмитрівни як кваліфікаційна робота є завершеною, виконана на високому науковому та технологічному рівні. Виконані наукові дослідження роблять суттєвий внесок у розвиток архітектурних рішень задачі виявлення, розпізнавання та відстеження об'єктів у режимі реального часу, оскільки запропонована інформаційна технологія зменшує обчислювальну складність базової моделі з покращенням точності розпізнавання об'єктів різного масштабу.

Як аспірантка Сизоненко Олександра Дмитрівна сумлінно ставилася до виконання поставлених наукових завдань, повністю і успішно виконала освітню складову індивідуального навчального плану, проявляла ініціативність та зацікавленість, своєчасно зверталася за консультаціями.

Вважаю, що дисертаційна робота Сизоненко Олександри Дмитрівни «Розроблення технології та програмних засобів виявлення та розпізнавання об'єктів у режимі реального часу» виконана на належному науковому рівні, відповідає вимогам чинного Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії від 12 січня 2022 р. № 44 (зі змінами), а її автор заслуговує на присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 12 Інформаційні технології зі спеціальності 121 Інженерія програмного забезпечення.

В ОБГОВОРЕННІ ДИСЕРТАЦІЇ СИЗОНЕНКО О.Д. ВЗЯЛИ УЧАСТЬ:

д-р техн. наук, проф. Байбуз О.Г. (05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту), завідувач кафедри математичного забезпечення ЕОМ Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. техн. наук, доц. Мацуга О.М. (05.13.06 – автоматизовані система управління та прогресивні інформаційні технології, доцент кафедри математичного забезпечення ЕОМ Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. техн. наук, доц. Антоненко С.В. (05.13.06 – автоматизовані системи управління та прогресивні інформаційні технології), доцент кафедри математичного забезпечення ЕОМ Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. техн. наук, доц. Клименко С.В. (05.13.06 – інформаційні технології), доцент кафедри радіоелектронної автоматики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

канд. фіз.-мат. наук, доц. Божуха Л.М. (01.01.01 – математичний аналіз), доцент кафедри математичного забезпечення ЕОМ Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара;

ВИСНОВОК

Актуальність теми дисертації

З кожним днем дедалі більше зростає кількість сфер діяльності, у яких суттєву допомогу надають БпЛА. А саме: зрошення сільськогосподарських угідь, гасіння пожеж, доставка вантажів, пошук та порятунок людей, моніторинг районів, і навіть під час бойових дій. Завдяки своїм можливостям, БпЛА стають ефективними інструментами для збору інформації та аналізу в реальному часі. Однак, точне та швидке виявлення, розпізнавання та відстеження об'єктів у відеопотоці даних в режимі реального часу залишається викликом, який потребує подальшого вдосконалення. Існує багато підходів, методів, алгоритмів та технологій виявлення об'єктів зображення або відеопотоку та знаходження місцерозташування об'єктів з борту БпЛА, наприклад, за допомогою GPS або при використанні комбінованих технологій. Але в сучасних реаліях слід пам'ятати, що на точність і надійність GPS можуть впливати фактори навколишнього середовища, такі як перешкоди від будівель, дерев та інших об'єктів, також сигнали GPS можуть блокувати під час спеціальних операцій. Крім того, на точність GPS може впливати потужність сигналу, на яку впливає висота дрона та відстань до передавача.

БпЛА мають низку переваг перед наземними засобами: велика область покриття територій, можливість приземлення у будь-яку точку місцевості, висока швидкість польоту та, як наслідок, оперативність доставки вантажів незалежно від дорожніх обставин та інше.

Для задоволення зростаючих вимог до цього класу авіаційної техніки вченими та інженерами виконуються дослідження, спрямовані як на

покращення льотних характеристик апаратів, так і на вдосконалення їх технічного, інформаційного та програмного забезпечення.

Ефективне виявлення, розпізнавання та відстеження об'єктів у відеопотоці є ключовою задачею, що дозволяє БПЛА виконувати різноманітні завдання в автономному та напіваавтономному режимах. Отже, розроблення та дослідження ефективності нових універсальних алгоритмів, технологій та програмних засобів, що органічно поєднують властивості класичних методів, алгоритмів машинного навчання та моделей глибинного навчання і на їх основі побудованих відповідних програмних засобів, – є актуальною, як в теоретичному так і в прикладному застосуванні.

Затвердження теми та плану дисертації. Тема дисертації затверджена вченою радою Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара 19 листопада 2020 р., протокол № 4. Науковим керівником призначено канд. фіз.-тех. наук, доц. Божуху Л. М.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Запропоновані технологія та модель створені в рамках досліджень наукової школи «Інформаційні технології обробки статистичних даних» на кафедрі математичного забезпечення ЕОМ Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

Дисертаційна робота виконана відповідно з поточними та перспективними планами наукової та науково-технічної діяльності Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара для подальшого розвитку інженерії програмного забезпечення.

Публікації та особистий внесок здобувача. Основні положення й результати дисертаційної роботи опубліковано у 9 роботах: 4 статті у наукових фахових виданнях України категорії Б та 5 тез доповідей у збірниках матеріалів наукових конференцій. Аналіз літературних даних, розроблення алгоритмів та програмного забезпечення, обробка отриманих результатів здійснені безпосередньо автором. Постановка мети і завдань дослідження, а також аналіз і узагальнення отриманих результатів проводились спільно з науковим керівником к.ф.-т.н., доц. Л. М. Божуха.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

1. Вперше розроблено архітектурне рішення побудови нейронної згорткової мережі задачі виявлення, розпізнавання та відстеження об'єктів в режимі реального часу, що відрізняється від існуючого рішення тим, що використовує більшу кількість блоків розпізнавання об'єктів різного розміру, яке є оптимізоване для задач конкретної предметної області

2. Вперше обґрунтовано можливість використання в розробленій технології PFNB-блоку, який базується на архітектурному рішенні Faster-Net, що використовує багатомасштабну мережу об'єднання ознак для демонстрації покращеної точності розпізнавання у порівнянні з базовою технологією.

3. Вперше сформований власний набір даних для апробації розробленої технології починаючи з етапу розпізнавання об'єктів у відеопотоці, який включає об'єкти різного масштабу визначеної предметної області, що підтверджує ефективність розробленої моделі.

4. Вперше запропоновано архітектуру кросплатформної бібліотеки для реалізації технології виявлення, розпізнавання та відстеження об'єктів, яка є п'ятимасштабною структурою і містить механізм уваги ViFormer з малою обчислювальною потужністю (зменшує розмір моделі на 0,4 МБ на невеликому наборі даних), що дозволяє покращити точність виявлення малих об'єктів та покращує увагу до ключової інформації на карті об'єктів і збільшує mAP50 на 0,5%.

5. Вперше проведено моделювання порівняльних експериментів на YOLO v9 на невеликому наборі даних, які відрізняються використанням різних видів функцій втрат при зберіганні інших умов навчання незмінними, що показало використання функції регресійних втрат WIoU v3 найефективнішою для побудованої моделі і значення mAP моделі при використанні WIoU v3 на 0,7% вище, ніж при використанні CIoU.

6. Вперше проведено моделювання експериментів при додаванні до базової моделі блоків детектування групи PFNB, які об'єднують дрібні особливості шарів нейронної згорткової мережі, що збільшує на невеликому наборі даних значення mAP на 4,3% та при їх одночасному використанні розмір моделі і кількість параметрів зменшується зменшується на 5% (1 МБ) і кількість параметрів зменшується більше ніж на 7,2% ($0,8 * 10^6$).

7. Вперше проведено моделювання експериментів на покращеній моделі YOLO v9 P, яка відрізняється від базової моделі YOLO v9 функцією втрат, методом злиття та модифікованою архітектурою блоку розпізнавання, що на невеликому наборі даних дозволило отримати покращення значень mAP на 7,7% і AP від 2,5% до 14,1%.

Практичне значення одержаних результатів полягає у створенні програмного засобу інформаційної технології розпізнавання та відстеження об'єктів в режимі реального часу.

Розроблене програмне забезпечення для вирішення задачі виявлення, розпізнавання та відстеження об'єктів у режимі реального часу дозволяє адаптувати розроблені рішення до існуючих систем ідентифікації об'єктів.

Результати роботи отримали впровадження в освітній процес кафедри математичного забезпечення ЕОМ факультету прикладної математики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара при викладанні дисциплін «Алгоритми аналізу та методи опрацювання зображень» «Системи штучного інтелекту», «Глибинне навчання» та виконанні кваліфікаційних робіт здобувачів.

Розроблені в дисертаційній роботі технології та програмні засоби отримали впровадження у діяльності ТОВ «КАНЬОН ІНЖИНІРІНГ», зокрема у процесі розробки проєкту «FridgeEye», що дозволяє проводити розпізнавання об'єктів у реальному часі та використовувати в інтелектуальних системах, що є обмеженими за ресурсами.

Наукові результати дослідження є внеском у розвиток архітектурних рішень задачі виявлення, розпізнавання та відстеження об'єктів у режимі реального часу. Дослідження може бути використане як основа для подальших наукових досліджень у галузі комп'ютерного зору та штучного інтелекту.

В якості можливих напрямків продовження дослідження можна відмітити актуальність розроблення програмного забезпечення для повністю та напів автономних БПЛА.

Список опублікованих праць за темою дисертації

Статті у наукових фахових виданнях України:

1. Федій О.Д., Божуха Л.М. Про підходи визначення місцезнаходження об'єктів. *Науковий журнал «Математичне моделювання»*. 2021. Вип. 2(45). С. 39-46. DOI: [https://doi.org/10.31319/2519-8106.2\(45\)2021.246874](https://doi.org/10.31319/2519-8106.2(45)2021.246874) URL: <http://matmod.dstu.dp.ua/article/view/246874>

(фахове видання категорії Б).

2. Сизоненко О.Д., Божуха Л.М. Підвищення точності геолокації об'єкта на цифровому зображенні при використанні комбінованих технологій аналізу даних. *Науковий журнал «Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій»*. 2022. Т.26. С. 103-109. DOI: <http://dx.doi.org/10.15421/432213> URL: <https://actualproblems.dp.ua/index.php/APAIT/article/view/221>

(фахове видання категорії Б).

3. Сизоненко О.Д., Божуха Л.М. Методи локалізації об'єктів на основі зображень із використанням комбінації алгоритмів та багатопоточної зв'язки Faster R-CNN. *Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій*. 2023. Т.27. С. 164-177. DOI: <http://dx.doi.org/10.15421/432316> URL: <https://actualproblems.dp.ua/index.php/APAIT/article/view/241>

(фахове видання категорії Б).

4. Сизоненко О.Д., Божуха Л.М. Порівняння YOLO V5 та Faster R-CNN для виявлення об'єктів на зображенні в потоковому режимі. *Системні технології*. 2024. 1(150). С. 51-60. DOI: <https://doi.org/10.34185/1562-9945-1-150-2024-05> URL: <https://journals.nmetau.edu.ua/index.php/st/article/view/1523>

(фахове видання категорії Б).

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

5. Сизоненко О. Д., Божуха Л.М. Виявлення місцезнаходження бпла за допомогою зіставлення зображень з використанням ключових точок. *XXI Міжнародна науково-практична конференція «Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем»*: тези доповідей наукової конференції за підсумками науково-дослідної роботи ДНУ за 2023 рік. Дніпро, 2023, С. 266-267, URL: <http://mpzis.dnu.dp.ua/wp-content/uploads/2023/11/mpzis-2023.pdf>.

6. Сизоненко О.Д., Божуха Л.М. Виявлення місцезнаходження об'єктів за допомогою GIS. *XX Міжнародна науково-практична конференція «Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем»*: тези доповідей наукової конференції за підсумками науково-дослідної роботи ДНУ за 2022 рік. Дніпро, 2022, С. 178, URL: <http://mpzis.dnu.dp.ua/wp-content/uploads/2022/12/MPZIS-2022-1.pdf>.

7. Федій О.Д., Божуха Л.М. Про алгоритми позиціювання об'єктів в локальній мережі. *XIX Міжнародна науково-практична конференція "Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем"*: тези доповідей наукової конференції за підсумками науково-дослідної роботи ДНУ за 2021 рік. Дніпро, 2021, С. 201, URL: http://mpzis.dnu.dp.ua/wp-content/uploads/2021/11/mpzis_2021.pdf.

8. Сизоненко О.Д., Божуха Л.М. Методи прив'язки зображення до геолокації. *Всеукраїнська науково-методична конференція "Проблеми математичного моделювання"*: тези доповідей Всеукраїнської науково-методичної конференції за 2022 рік. Кам'янське, 2022, С. 84, URL: https://www.dstu.dp.ua/uni/downloads/zbirka_konf_pm.pdf.

9. Сизоненко О.Д., Божуха Л.М. Експериментальні результати встановлення геолокації об'єкта при використанні мережі виявлення об'єктів Faster R-CNN. *Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем (МПЗІС-2022)*: тези доповідей XX міжнародної науково-практичної конференції, Дніпро, 2022, виступ є, без публікації, URL: https://www.dnu.dp.ua/docs/ndc/2023/Ost_var_programa.pdf.

На підставі заслуховування та обговорення доповіді Сизоненко О. Д. про основні положення дисертаційної роботи, питань та відповідей на них УХВАЛИЛИ:

Вважати, що за актуальністю, ступенем новизни, обґрунтованості, наукової та практичної цінності здобутих результатів дисертація Сизоненко Олександри Дмитрівни на тему «Розроблення технології та програмних засобів виявлення та розпізнавання об'єктів у режимі реального часу» відповідає вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії від 12 січня 2022 р. № 44 (зі змінами).

Рекомендувати дисертаційну роботу Сизоненко Олександри Дмитрівни на тему «Розроблення технології та програмних засобів виявлення та розпізнавання об'єктів у режимі реального часу» до захисту в разовій спеціалізованій вченій раді на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення.

Клопотати перед вченою радою університету розглянути питання про створення спеціалізованої вченої ради для проведення разового захисту дисертації на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 Інженерія програмного забезпечення Сизоненко Олександри Дмитрівни у такому складі:

№ з/п	Прізвище, ім'я, по батькові	Місце основної роботи, підпорядкування, посада	Науковий ступінь, шифр, назва спеціальності, за якою захищена дисертація, рік присудження	Вчене звання (за спеціальністю, кафедрою), рік присвоєння	Наукові публікації, опубліковані за останні п'ять років, за науковим напрямом, за яким підготовлено дисертацію здобувача
1	2	3	4	5	6
1.	Байбуз Олег Григорович (голова)	Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара Міністерства освіти і науки України, завідувач кафедри математичного забезпечення ЕОМ	Доктор технічних наук, 05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту, 13 жовтня 2004 року	професор кафедри математичного забезпечення ЕОМ, 2007 рік	<p>1. Sydorova, M., Baybuz, O., Verba, O., & Pidhomyi, P. Information technology for trajectory data mining. <i>Science and Innovation</i>. (2021). 17(3), С. 78-86. DOI: https://doi.org/10.15407/sci.17.03.078 URL: https://sci.ing.org.ua/ojs/index.php/ni/article/view/122 (фахове видання, категорія «А», Scopus)</p> <p>2. О.Г. Байбуз, М.Г. Сидорова, А.Д. Сінєгіна, Ю.Д. Сінєгіна, О.В. Лапєць Інформаційна технологія колоризації та стилізації зображень. <i>Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій</i>. (2020). Т.24, С. 57-62. DOI: http://dx.doi.org/10.15421/432006 URL: https://actualproblems.dp.ua/index.php/APAT/article/view/153 (фахове видання, категорія «Б»)</p> <p>3. Доліх А.О., Байбуз О.Г. Інформаційна технологія ансамблевого прогнозування з використанням паралельних обчислень. <i>Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки</i>. (2022). Том 33 (72) № 1, С. 79-86. DOI: https://doi.org/10.32838/2663-5941/2022.1/13 URL: https://www.tech.vernadskyjournals.in.ua/journals/2022.1.2.02/13.pdf (фахове видання, категорія «Б»)</p>
2.	Гнатюшко Вікторія Володимирівна (опонент)	Український державний університет науки і технологій, завідувачка кафедри інформаційних технологій і систем Інституту промислових та бізнес-технологій	доктор технічних наук 01.05.02 – математичне моделювання та обчислювальні методи, 2019 р., Україна	професор кафедри інформаційних технологій і систем, 2019 р., Україна	<p>1. Солдатова М. О., Губський А. М., Максимюк А. В., М'яч Д. О. Розподіл ролей користувачів системи рейтингування науково-педагогічних працівників. <i>Телекомунікаційні та інформаційні технології</i>. 2024. Р. 106-113. DOI: 10.31673/2412-4338.2024.019901. URL: https://tit.dut.edu.ua/index.php/telecommunication/article/download/2518/2399 (фахове видання, категорія «Б»)</p> <p>2. Стенін, Олександр, Пасько, Віктор, Губський Андрій, Дроздович Ірина. Modeling and calculation of performance indicators of computer information systems. <i>Проблеми інформаційних технологій</i> № 27, 2020 (Опубліковано 01.02.2020). pp. 36-43. DOI: http://dx.doi.org/10.35546/2313-0687.2020.27.36-43 URL: https://journals.kntu.net.ua/index.php/pit/article/view/702 (фахове видання, категорія «Б»)</p> <p>3. М. Дзівідзіньска, О. Фіногенов, А. Губський. Інтеграція систем з використанням каталогу довідників Адаптивні системи автоматичного управління. 2024. Vol. 1, Р. 62-70. DOI: 10.20535/1560-8956.44.2024.302418. URL: https://asac.kpi.ua/article/view/302418 (фахове видання, категорія «Б»)</p>
3.	Голуб Сергій Васильович (опонент)	Черкаський державний технологічний університет Міністерства освіти і науки України, завідувач	доктор технічних наук, 05.13.06 – інформаційні технології, 2009 рік	професор кафедри інтелектуальних систем прийняття рішень, 2011 рік	<p>1. Holub Sarhii, Khymytsia Nataliia, Holub Maria, Morishko Oleksandr. Machine Learning of the Classifier of Authors of Social Network Messages. <i>SCIA 2022</i>, 2022, с. 141-153. Режим доступу до ресурсу: https://ceur-ws.org/Vol-3296/paper11.pdf (фахове видання, категорія «Б»)</p> <p>2. Talakh M.V., Holub S.V., Turkin I.B. (2021). Information technology of climate monitoring. // <i>Radio Electronics, Computer Science, Control</i>, No.2, 154-163. Doi: https://doi.org/10.15588/1607-3274-2021-2-16 Режим доступу до ресурсу: http://ric.zntu.edu.ua/article/view/236969 (фахове видання, категорія «Б»)</p>

		кафедри програмного забезпечення автоматизованих систем			3. Holub Serhii, Kunytska Svitlana, Fedushko Solomiia, Syerov Yuriy. Formation of feedback in the structures of poly-agent functionals // <i>Procedia Computer Science</i> . 2022. V. 198. С. 700–705. Doi: https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.309 . Режим доступу до ресурсу: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050921025485 (фахове видання, категорія «Б»)
4.	Сидорова Марина Геннадіївна (рецензент)	Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара Міністерства освіти і науки України, доцент кафедри математичного забезпечення електронних обчислювальних машин	кандидат технічних наук 05.13.06 – інформаційні технології, 2014 р., Україна	доцент кафедри математичного забезпечення електронних обчислювальних машин, 2019 р., Україна	1. Sydorova, M., Baybuz, O., Verba, O., and Pidhornyi, P. Information Technology of Trajectory Data Mining. <i>Sci. Innov.</i> 2021. V. 17, no. 3, С. 78–86. DOI: https://doi.org/10.15407/scine17.03.078 URL: https://scinnceng.org.ua/ojs/index.php/ni/article/view/122 (Scopus) 2. Фількінштейн Ж.В., Сидорова М.Г. Особливості застосування нейромережових методів пошуку схожих за контентом зображень. <i>Питання прикладної математики і математичного моделювання</i> . (2020). В.20, С. 175-185. DOI: https://doi.org/10.15421/322017 URL: https://pmm.dp.ua/index.php/pmmm/article/view/277 (фахове видання, категорія «Б») 3. О.Г. Байбуз, М.Г. Сидорова, А.Д. Сінегіна, Ю.Д. Сінегіна, О.В. Лапець. Інформаційна технологія колоризації та стилізації зображень. <i>Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій</i> , (2020). Т.24, С. 57-62. DOI: http://dx.doi.org/10.15421/432006 URL: https://actualproblems.dp.ua/index.php/APAIT/article/view/153 (фахове видання, категорія «Б»)
5.	Антоненко Світлана Валентинівна (рецензент)	Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара Міністерства освіти і науки України, доцент кафедри математичного забезпечення електронних обчислювальних машин	кандидат технічних наук, 05.13.06 – Автоматизовані системи управління та прогресивні інформаційні технології, 2001 р., Україна	доцент кафедри математичного забезпечення електронних обчислювальних машин, 2004 р., Україна	1. Антоненко С.В., Батурінець А. Подовження рядів даних за значеннями показників схожих рядів. <i>Вісник Черкаського державного технологічного університету. Технічні науки №3</i> . (2021). С. 78-86 – ISSN 2708-6070 (Online). DOI: 10.24025/2306-4412.3.2021.244266 Режим доступу до ресурсу: https://er.chdtu.edu.ua/handle/ChSTU/3699 (фахове видання, категорія «Б») 2. V. R. Struzhko, S. V. Antonenko. Огляд існуючих методів та алгоритмів приховування інформації в цифрових сигналах. <i>Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій</i> . (2022). Т.26, С. 110-117. DOI: http://dx.doi.org/10.15421/432214 URL: https://actualproblems.dp.ua/index.php/APAIT/article/view/222 (фахове видання, категорія «Б») 3. Батурінець А.Г., Антоненко С.В. Визначення схожих гідрологічних рядів даних з використанням коефіцієнтів кореляції. <i>Системні технології</i> . (2021). Т.5 №136, С. 98-109. DOI: https://doi.org/10.34185/1562-9945-5-136-2021-10 URL: https://journals.nmetau.edu.ua/index.php/st/article/view/782 (фахове видання, категорія «Б»)

Результати голосування:

«За» - 27 осіб,

«Проти» - немає,

«Утримались» - немає.

Голова наукового семінару

Секретар



Олена КІСЕЛЬОВА

Олександр КУЗЕНКОВ