

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, професора,
завідувача кафедри програмних засобів НУ «Запорізька політехніка»

Субботіна Сергія Олександровича,

на дисертаційну роботу **Жукова Олександра Олексійовича**

«Нейромережеві методи ідентифікації стану бджолої сім'ї»

подану до захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії

з галузі знань 12 Інформаційні технології

спеціальності 122 Комп'ютерні науки

Ступінь актуальності обраної теми. Дисертаційну роботу присвячено вирішенню актуальної науково-технічної задачі розробки ефективних методів застосування нейронних мереж для моніторингу стану бджіл.

Завдяки стрімкому розвитку обчислювальних потужностей та алгоритмів машинного навчання, стала можливою реалізація та застосування цих методів для цієї задачі. Використання нейронних мереж дозволяє здійснювати безперервний та об'єктивний моніторинг, виявляти приховані залежності та адаптуватись до різних умов експлуатації через підхід трансферного навчання. У дисертації виділено три основні напрями застосування нейронних мереж для ідентифікації станів бджолиних сімей: аналіз візуальних, акустичних та сенсорних даних. Тому тема дисертаційної роботи «Нейромережеві методи ідентифікації стану бджолої сім'ї» є актуальною та має суттєву значущість у галузі комп'ютерних наук, а саме, у розвитку використання нейромережевих методів в агрокультурі і повністю відповідає спеціальності 122 Комп'ютерні науки.

Структура роботи. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатку.

Вступ дисертації містить такі складові: актуальність дослідження; формулювання мети та завдання; об'єкт та предмет; методи дослідження; наукова новизна; практичне значення отриманих результатів роботи; дані про висвітлення результатів дослідження у наукових публікаціях.

У першому розділі виконано аналіз стану проблеми за тематикою роботи та огляд станів бджолої сім'ї та нейромережових методів їх ідентифікації.

Другий розділ описує сучасні нейромережові підходи детекції бджіл на зображеннях. Проведено порівняльний аналіз нейромережових архітектур та методів оптимізації зображень. Описано застосування нейронних мереж для класифікації стану бджоли на зображенні.

У третьому розділі описується застосування нейронних мереж для аналізу аудіо даних з вулика. Описано проблематику, розробку нейромережових моделей для класифікації стану вулика на основі двох методів виділення ознак, а також використання методу доменної адаптації для донавчання моделей.

У четвертому розділі розглянуто методи застосування підходів точного бджільництва та нейронних мереж для ідентифікації станів та подій у вулику. У розділі наведено проблематику, розробку нейромережових моделей на основі LSTM для аналізу часових рядів та її апробація на даних, отриманих з експериментальної системи.

Висновки містять узагальнені результати дисертаційного дослідження.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій та їх достовірність. Обґрунтованість результатів дисертаційного дослідження забезпечується коректністю обраної методології дослідження, аналізом сучасного стану досліджень в заявленій предметній області, застосуванням теоретичних та експериментальних методів дослідження, аналізом отриманих результатів із використанням поширених метрик у машинному навчанні та комп'ютерних науках.

Наукова новизна отриманих результатів. При виконанні дисертаційної роботи отримано такі наукові результати:

- *вперше* запропоновано використання адаптивного підходу на основі доменної адаптації для аудіосигналів вулика, що дозволило досягти прийнятної точності при донавчанні на значно меншій кількості даних з перспективою підвищення узагальнювальної здатності моделей;

– *вперше* запропоновано використання методу попередньої обробки даних часових рядів шляхом використання відносних значень даних із сенсорів, розміщених у вулику;

– *вперше* реалізовано моделі нейронних мереж ідентифікації подій та станів на основі часових рядів, що забезпечили високу точність визначення як короткочасних, так і тривалих станів.

– *отримали подальшого розвитку* використання методів нормалізації зображень для підвищення стабільності результатів ідентифікації об'єктів.

– *отримали подальшого розвитку* моделі нейронних мереж класифікації стану бджіл на зображенні, що забезпечують високу точність та компактний розмір моделі.

Отримані результати у сукупності засвідчують можливість розширення сфери застосування нейронних мереж на важливу, з практичної точки зору, область людської діяльності та дозволяють вирішити актуальну науково-технічну проблему підвищення ефективності розробки систем моніторингу стану бджолиних сімей на основі різнотипних даних.

Значущість результатів дослідження для науки і практики та можливі шляхи їх використання. Розроблені підходи дозволять підвищити ефективність застосування нейромережових підходів для ідентифікації стану бджолиних сімей.

Повнота викладу результатів дослідження у наукових публікаціях. За темою дисертації опубліковано 13 робіт. Серед них: 4 статті у наукових фахових виданнях України, які включені на дату опублікування до переліку наукових фахових видань за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки; 1 публікація, що входить до міжнародної наукометричної бази Scopus;

Академічна доброчесність. Порушення автором норм академічної доброчесності не виявлено.

Відповідність роботи вимогам, які ставляться до дисертації. За актуальністю та важливістю розв'язаних наукових задач, повнотою теоретичного обґрунтування, отриманими числовими результатами дисертаційна робота Жукова Олександра Олексійовича відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня

доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженому постановою № 44 Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. та вимогам до оформлення дисертації, затвердженими наказом МОН України.

Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації. Загалом, позитивно оцінюючи наукове і практичне значення отриманих здобувачем результатів, варто відзначити наступні дискусійні положення і зауваження до змісту дисертаційної роботи.

1. Моделі та підходи, розроблені для моніторингу бджолиних сімей, можуть мати ширше застосування у вивченні на моніторингу інших складних біологічних систем, де також присутні динамічні стани, взаємодія факторів та потреба у неінвазивному моніторингу. Розширення фокусу роботи на складні біологічні системи могло б підкреслити загальність та універсальність запропонованих методів, поглиблюючи наукову значущість дослідження.

2. У підрозділах 2.2 та 2.4 для оцінки точності роботи побудованих нейронних мереж використовуються метрики точності та повноти. Проте, для завдань детекції об'єктів на зображеннях загальноприйнятою та більш комплексною метрикою є IoU.

3. У четвертому розділі не оглянуто поведінку розроблених нейронних мереж у випадку відсутності великої частини даних.

4. У третьому розділі дисертації, при підготовці акустичних даних, зазначено використання сегментів фіксованої довжини, однак відсутнє детальне обґрунтування, чому були обрані саме ці конкретні числові значення параметрів.

5. Серед описаних у розділі 4 станів присутній клас «нормальний стан», однак з опису він являє собою відсутність інших станів, що могло призвести до класифікації як «нормального стану» дуже різноманітних даних.

6. В тексті дисертації наявна певна кількість орфографічних та стилістичних помилок, яка, втім, не є критичною.

Зазначені зауваження та рекомендації не впливають на загальну позитивну оцінку представленого наукового дослідження.

Загальний висновок. Дисертаційна робота Жукова Олександра Олексійовича на тему «Нейромережеві методи ідентифікації стану бджолої сім'ї», подана на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки завершеним науковим дослідженням, яке за актуальністю, науковою новизною, обґрунтованістю, науково-теоретичною та науково-практичною значущістю отриманих результатів відповідає вимогам «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 №44 від 12 січня 2022 року та вимогам до оформлення дисертації, а її автор Жуков Олександр Олексійович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 12 Інформаційні технології за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки.

ОФІЦІЙНИЙ ОПОНЕНТ:

завідувач кафедри програмних засобів

Національного університету

«Запорізька політехніка»

доктор технічних наук, професор

