

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

доктора технічних наук, доцента,
доцента кафедри систем автоматизованого проектування
Національного університету «Львівська політехніка»
Мельника Михайла Романовича,
на дисертаційну роботу Жукова Олександра Олексійовича
«Нейромережеві методи ідентифікації стану бджолоїної 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 нейромережевих моделей та методів обробки даних для автоматизованої ідентифікації станів складних біологічних систем. Застосування методів глибокого навчання для аналізу мультимодальних даних є перспективним напрямком розвитку інтелектуальних систем моніторингу. Особливої актуальності набуває розробка компактних моделей, здатних функціонувати на пристроях з обмеженими обчислювальними ресурсами, що відповідає сучасним тенденціям граничних обчислень. Сферами, де технології нейронних мереж знайшли широке застосування, є агросектор та бджільництво. З огляду на обмеження традиційних методів моніторингу стану бджолоїної сім'ї, нейронні мережі можуть виявляти приховані патерни в даних та забезпечити безперервний їх аналіз.

Таким чином, тема дисертаційної роботи «Нейромережеві методи ідентифікації стану бджолоїної сім'ї» є актуальною та має суттєву значущість у галузі комп'ютерних наук, а саме, у розвитку використання нейромережевих методів в агрокультури і повністю відповідає спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»

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

Вступ детально обґрунтовує актуальність дослідження, формулює мету та завдання дисертаційної роботи, визначає об'єкт, предмет та методи дослідження, описує наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наводить дані про висвітлення результатів дослідження у наукових публікаціях.

Перший розділ присвячено аналізу проблематики автоматизованого моніторингу з використанням нейронних мереж та сенсорних технологій. Проведено систематизацію методів ідентифікації станів на основі різних типів даних.

У **другому розділі** досліджено архітектури нейронних мереж для візуального моніторингу. Розроблено моделі на основі SSD MobileNet V2, Faster та інших архітектур для ідентифікації об'єктів. Запропоновано методи покращення зображень з використанням алгоритму CLAHE. Розроблено компактну CNN для класифікації станів бджіл.

Третій розділ присвячено акустичному аналізу з використанням LSTM мереж та методів виділення ознак STFT та MFCC. Запропоновано адаптивний підхід на основі доменної адаптації донавчання моделей в умовах обмеженого об'єму даних, що дало змогу підвищити точність класифікації.

У **четвертому розділі** розроблено моделі на основі LSTM для аналізу часових рядів сенсорних даних. Запропоновано метод попередньої обробки з використанням відносних значень. Спроековано експериментальну систему моніторингу стану бджіл на базі ESP32.

Висновки містять узагальнені результати дисертаційного дослідження.

Дисертація в цілому є структурно та змістовно збалансованою роботою. Послідовність викладення її положень є логічною і такою, що побудована у відповідності з науковим методом.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій та їх достовірність. Ступінь обґрунтованості та достовірності результатів дисертаційного дослідження не викликає сумнівів, оскільки вона забезпечується: коректністю обраної методології дослідження; аналізом сучасного стану досліджень в заявленій предметній області, комплексним застосуванням

теоретичних та експериментальних методів дослідження; експериментальним доведенням ефективності запропонованих методів; адекватною добіркою використаних літературних джерел.

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 дало змогу 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 давачів, розміщених у вулику;

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

отримали подальший розвиток методи нормалізації зображень підвищення стабільності результатів ідентифікації об'єктів.

отримали подальший розвиток моделі нейронних мереж класифікації стану бджіл на зображенні, що забезпечують високу точність та компактний розмір моделі.

Отримані нові результати, у сукупності, розв'язують актуальну науково-технічну проблему підвищення ефективності розробки систем моніторингу бджолиних сімей з використанням нейронних мереж та різнотипних даних.

Значущість результатів дослідження для науки і практики та можливі шляхи їх використання. Наукова та практична значущість результатів дисертаційного дослідження підтверджується тим фактом, що розроблені підходи дають змогу значно підвищити ефективність використання нейромережних моделей для ідентифікації стану біологічних систем.

Розроблені нейромережні моделі та методи обробки даних можуть застосовуватись як складові у системах моніторингу 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. Очевидних ознак порушення автором академічної доброчесності, зокрема випадків оприлюднення, частково або повністю, наукових результатів, отриманих іншими особами, як результатів власного дослідження та/або відтворення опублікованих текстів інших авторів без зазначення їх авторства, 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. У дисертаційній роботі не оглянуто можливість створення єдиної мультимодальної моделі, яка б інтегрувала дані різного типу на вході, замість паралельного використання окремих рішень.

2. У роботі відсутнє порівняння запропонованих методів класифікації станів вулика з комерційно доступними системами, що суттєво обмежує можливість оцінки їх конкурентоспроможності. У підрозділі 2.3 недостатньо

детально описано можливість застосування методів аугментації безпосередньо під час навчання моделі разом з методами нормалізації зображень.

3. У розділі 3 наведено лише дві візуалізації спектрограм, що недостатньо для розуміння особливостей різних станів.

4. 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 бджолоїної сім'ї», подана на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» є 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:

Доцент кафедри систем автоматизованого проектування
Національного університету
«Львівська політехніка»
доктор технічних наук, доцент



Михайло МЕЛЬНИК

Підпис д.т.н. доцента Мельника М.Р. засвідчую:

Проре



Роман ФЕДОРИШИН