

DOI: 10.34185/1991-7848.itmm.2024.01.021

АДАПТИВНИЙ ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ СТАНУ ВУЛИКА ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ТА АНАЛІЗУ АУДІО

Жуков¹О.О., Горбенко² В.І.

¹Запорізький національний університет, аспірант, Україна

²Запорізький національний університет, к.ф.м.н, доцент, Україна

Анотація. У сучасному бджільництві ідентифікація присутності матки в вулику є важливим завданням, що впливає на здоров'я та продуктивність бджолоїної колонії. Розвиток методів машинного навчання, зокрема згорткових нейронних мереж, відкриває нові можливості для автоматизації цього процесу. Ця стаття фокусується на використанні нейронних мереж та способів виділення характеристик аудіоданих MFCCs та STFT для ідентифікації стану відсутності матки у вулику, а також огляд можливостей використання навчених моделей на даних з інших вуликів. Результати дослідження демонструють, що MFCCs є більш універсальним способом обробки даних для цієї мети, порівняно з STFT, який показав позитивні результати на першому наборі даних, але не показав значних результатів на другому. Також, використання навченої моделі з використанням MFCCs на обмеженому наборі даних показало кращий результат ніж повне навчання моделі на цих даних.

Ключові слова: нейронні мережі, бджоли, глибоке навчання, аналіз аудіо, tensorflow, згорткові нейронні мережі, mfccs, stft.

Бджоли є невід'ємною частиною глобальної екосистеми, відіграючи критичну роль в процесі запилення. Цей процес сприяє репродукції багатьох видів рослин, включно з великою кількістю тих, що формують основу людського харчування [1]. У сучасному бджільництві ідентифікація присутності матки в вулику є важливим завданням, яке впливає на здоров'я та продуктивність бджолоїної колонії. Розвиток методів машинного навчання, зокрема згорткових нейронних мереж, відкриває нові можливості для автоматизації цього процесу. Також важливим аспектом використання нейронних мереж для ідентифікації стану вулика є їх універсальність, тобто можливість використання навченої нейронної мережі на інших вуликах, що можуть містити інший набір мікрофонів та мати відмінності у їх розміщенні.

Численні дослідження показали ефективність використання акустичних сигналів для ідентифікації станів бджолоїного вулика [2], а також застосування

нейронних мереж для їх аналізу, зокрема використання архітектури рекурентної нейронної мережі LSTM для ідентифікації відсутності бджолиної матки у вулику [3].

Метою роботи є розробка глибокої нейронної мережі для класифікації аудіосигналів з метою ідентифікації присутності бджолиної матки у вулику, а також аналіз можливостей використання моделей на іншому вулику.

У якості джерела даних для дослідження використовувався анотований датасет “To bee or not to bee” [4]. Дані з цього датасету були розділені на два набори даних в залежності від джерела аудіоданих та були оброблені, а згодом приведені до загального вигляду шляхом розподілу за критерієм присутності матки: з наявною маткою (queen), та без неї (noqueen), а також розділенням великих аудіофайлів на частини по 4 секунди.

Для подальшого тренування моделей використовувалися два методи виділення ознак з аудіоданих: Мел-частотні кепстральні коефіцієнти(MFCCs) та віконне перетворення Фур’є.

Після навчання моделей, було виконано порівняння метрик результатів їх навчання та роботи на тестовій вибірці даних (Таблиця 1), що складала 20% від початкового набору даних. Для цього використовувались наступні метрики:

Таблиця 1

Результати тренування та тесту моделей на наборі даних OSBH

	Loss	Val. Loss	Accuracy	Val. Accuracy
MFCCs	0,30	0,27	0,91	0,90
STFT	0,27	0,22	0,92	0,93

Виходячи з наведених у Таблиці 1 результатів, можна сказати, що обидва методи успішно впоралися з задачею ідентифікації присутності матки у вулику. Використання методу MFCCs дозволило коректно ідентифікувати присутність бджолиної матки на 90% тестових аудіозаписів, а STFT показав трохи кращий результат у 93%.

У випадку використання 20% від повного другого набору даних для тренування, отримуємо результати наведені у Таблиці 2, виходячи з яких

донавчання моделі на меншому наборі даних може дати кращий результат за повне перенавчання моделі «з нуля».

Таблиця 2

Результати тренування та тесту моделей на обмеженому наборі даних NU-Hive

	Loss	Val. Loss	Accuracy	Val.Accuracy
Моделі NU-Hive				
STFT	0,65	0,71	0,65	0,38
MFCCs	0,69	0,65	0,58	0,56
Донавчені моделі OSBH				
STFT	0,61	0,56	0,62	0,59
MFCCs	0,58	0,60	0,77	0,73

Висновки. За результатами виконаних досліджень встановлено, що хоч використання віконного перетворення Фур'є показало найкращий результат, коли модель була тренувана на першому наборі даних, використання мел-частотних кепстральних коефіцієнтів для тренування моделей дало позитивний результат в обох випадках, що робить цей спосіб виділення характеристик аудіосигналів більш універсальним вибором для задачі ідентифікації присутності бджолої матки. Також, виходячи з результатів тренування на другому наборі даних, застосування навчених моделей з використанням мел-частотних кепстральних коефіцієнтів на обмеженому наборі даних може дати кращий результат за повне перенавчання такої моделі.

ЛІТЕРАТУРА

1. KremenC., Williams N. M., ThorpR.W. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2002. вип.99, Т. 26. С.16812–16816.
2. Kirchner W. H. Acoustical communication in honeybees. *Apidologie*. 1993. Т. 24, вип.3. С.297–307.
3. S.Ruvinga та ін. Use of LSTM Networks to Identify “Queenlessness” in Honeybee Hives from Audio Signals / *2021 17th International Conference on Intelligent Environments (IE)*, Dubai, United Arab Emirates, 21–24 чер. 2021 р. 2021.
4. Nolasco I., Benetos E. To bee or not to bee: Investigating machine learning approaches to beehive sound recognition. *Workshop on Detection and Classification of Acoustic Scenes and Events (DCASE)*. 2018.

AN ADAPTIVE APPROACH TO THE BEE HIVE STATE IDENTIFICATION USING NEURAL NETWORKS AND AUDIO ANALYSIS

Oleksandr Zhukov, Vitalii Horbenko

Abstract: *Monitoring the queen bee is crucial for the health and productivity of a bee colony. The queen plays a vital role in reproduction and maintaining the colony's population. Utilizing neural networks, such as CNNs along with sound analysis, can be a valuable tool for monitoring queen bees and assessing their behavior and health within the hive. Finding the best way to preprocess audio data and review it is an important task that, if performed well, will help to track the bee hive population and its health state in general. According to the training and evaluation results, MFCCs-based models have given constant good results, and when used on a limited audio dataset, pre-trained model showed better performance than the one trained from zero.*

Keywords: *neural networks; tensorflow; deep learning; bees; MFCCs; STFT; bees;*

Reference

1. Kremen C., Williams N. M., Thorp R. W. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2002. Vol. 99, no. 26. P. 16812–16816.
2. Kirchner W. H. Acoustical communication in honeybees. *Apidologie*. 1993. Vol. 24, no. 3. P. 297–307.
3. Use of LSTM Networks to Identify “Queenlessness” in Honeybee Hives from Audio Signals / S. Ruvina et al. *2021 17th International Conference on Intelligent Environments (IE)*, Dubai, United Arab Emirates, 21–24 June 2021. 2021.
4. Nolasco I., Benetos E. To bee or not to bee: Investigating machine learning approaches to beehive sound recognition. *Workshop on Detection and Classification of Acoustic Scenes and Events (DCASE)*. 2018.