



smartula

Zdalny i nieinwazyjny system



nadzoru **pasiek** pszczelarskich

Tymoteusz Cejrowski
tymoteusz.cejrowski@smartula.eu



Tymoteusz Cejrowski

- asystent - katedra Architektury Systemów Komputerowych, WETI, Politechnika Gdańskia,
- doktorant IV roku - Informatyka, Politechnika Gdańskia,
- Współzałożyciel Sanasens Sp. z o.o. (smartula)
- uśpiony pszczelarz amator



Rys. 1. TC



Problem

Występowanie w ulach niekorzystnych zdarzeń powoduje osłabienie a nawet śmierć rodziny pszczelej a co za tym idzie zmniejszenie produkcji miodu.

- rójka pszczela
- vandalizm i kradzieże
- pasożyty i patogeny (m.in. warroza)
- niedogrzanie / przegrzanie
- przedwczesne zimowe “wybudzenie”
- uszkodzenie / brak królowej



Rys. 2. Zjawisko rójki



Rozwiązanie

Platforma do zdalnego i nieinwazyjnego nadzoru pasieki, pozwalająca na szybkie wykrycie (często z wyprzedzeniem) niekorzystnych zjawisk.

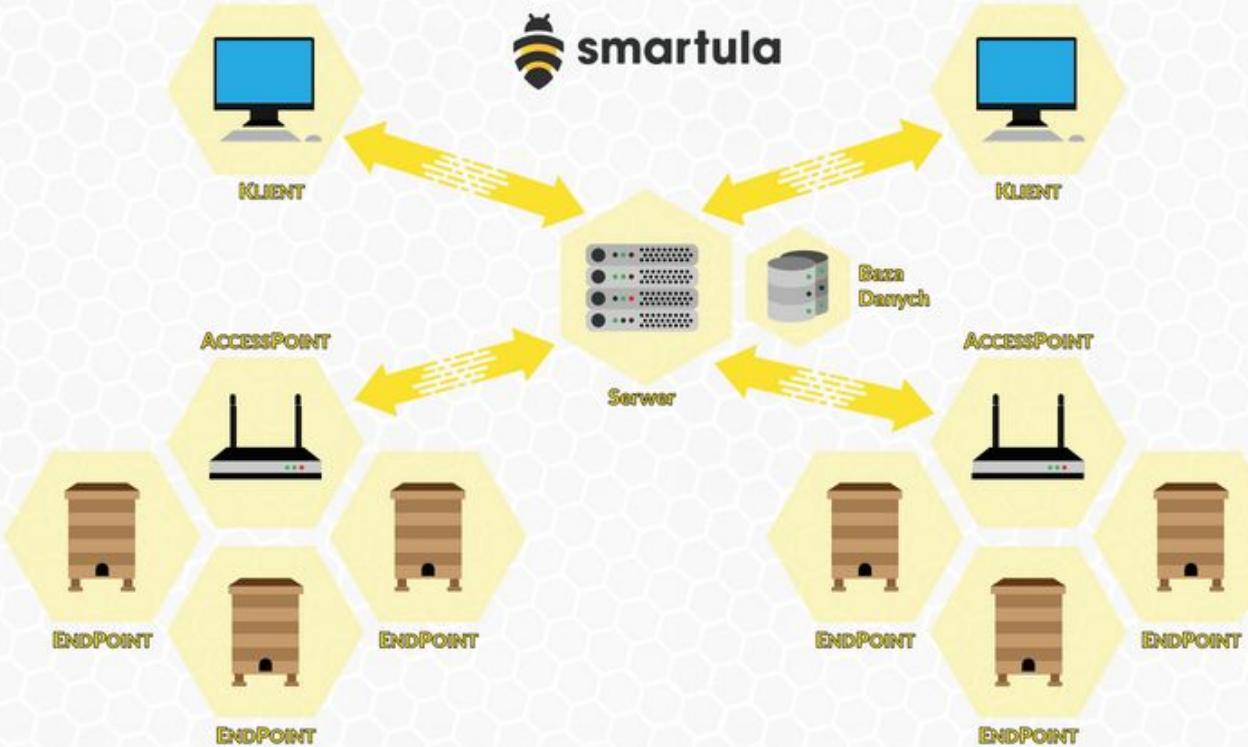
- nieautoryzowany dostęp do ula
- anomalie typu:
 - brak królowej
 - rójka pszczela
 - atak szkodników
- przedwczesne “wybudzenie”
- przegrzanie / niedogrzanie



Rys. 3. Pszczoła na mniszku



Zasada działania



Rys. 4. Architektura Systemu



Ramka z zamontowanymi czujnikiem



Rys. 5. Ramka w ulu.



Rys. 6. Ramka w ulu.



Rys. 7. Smartula endpoint.



Smartula - bramka / punkt dostępowy



Rys. 8. Smartula Accesspoint.

- Komunikacja GSM/LTE
- Tor ładowania słonecznego
- Komunikacja LoRa



Smartula - oprogramowanie

The image displays two screenshots of the Smartula web application interface against a background of a hexagonal grid pattern.

Left Screenshot (Dashboard View):

- Header:** Idź do... (dropdown), Bell icon, User icon.
- Left Sidebar:** Dashboard (selected), Pasieki, UI, Notatki, Wykresy, Ustawienia.
- Top Bar Buttons:** Nowe zdarzenie, + Dodaj pasiekę, + Dodaj ul.
- Summary Cards:**
 - 0 Alarmy (green)
 - 1 Ostrzeżenia (yellow)
 - 11 Liczba uli
 - 1 Liczba pasiek
- Alert Section:** Cześć Jarosław! (Yellow box), Nowe ostrzeżenia (radio buttons: Nowe, Przeczytane).
- Sound Anomaly Section:** Anomalia dźwiękowa (Yellow box), 12 godzin temu, PODR1, Ostrzeżenie.
- Bees List:** Lista pasiek, PODR, AP: 2H04D0000B50363148303820, 0 1 11, + Dodaj ul, Settings icon.
- Footer:** v0.8.0 Build A0 2020-05-12T09:04:35.430Z, Ustawienia.

Right Screenshot (UI View for 'Zielony ul na dachu'):

- Header:** Idź do..., Konto demonstracyjne Pasieka Gdynia, Czerwony ul na dachu >.
- Left Sidebar:** Dashboard (selected), Pasieki, UI, Notatki, Wykresy, Ustawienia.
- Top Bar Buttons:** Nowe zdarzenie, + Dodaj pasiekę, + Dodaj ul.
- Summary Cards:**
 - 0 Alarmy
 - 0 Ostrzeżenia
 - 25.69 °C Temperatura
 - 13.27 % Wilgotność
 - 87.5 % Bateria
 - Online Status
- Bees Card:** Zielony ul na dachu, Online, Z, Dodaj zdarzenie, S/N: 96434565491, Pasieka: Pasieka Gdynia.
- Graph Section:** Ustaw parametry wykresu, Rozpoczęcie: 20/05/2020 22:03, Koniec: 21/05/2020 08:03, 7 dni, 3 dni, 24 godziny. The graph shows Temperature (blue line) and Humidity (green line) over time from May 20 to May 21, 2020.

Rys. 9. Widok aplikacji internetowej.



Zalety Smartuli

- Prostota instalacji urządzeń
- Nieskomplikowana strona WWW i aplikacja mobilna
- Automatyczne wykrywanie sytuacji niekorzystnych
- Urządzenia zasilane baterijnie
- Dostęp do zebranych danych w trybie online
- Niski całkowity koszt posiadania (TCO)



Współpraca



“Brak narzędzia nadzoru pasieki pszczelarskiej w kontekście vandalizmu, ataku szkodnika i niekontrolowanego spadku liczby pszczół w rodzinie.”



Rys. 10. Logotypy Partnerów.



Jak zrozumieć pszczoły?



Po pierwsze - dane!

wiarygodne dane temperatury, wilgotności



dobrej jakości nagrania dźwiękowe (~1s)



kompletny opis rodziny pszczeliej

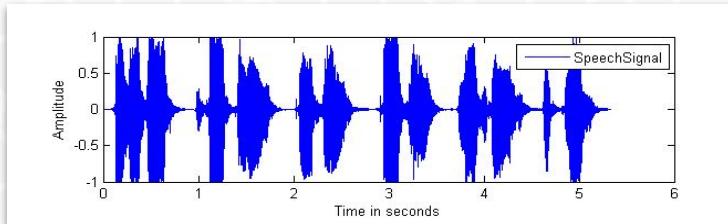


Rys. 11. Pszczoły na ramce.



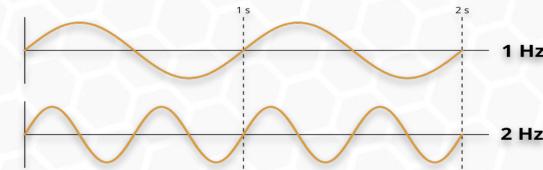
Jak interpretować dźwięk?

- Sygnał ludzkiej mowy w “surowej” formie:

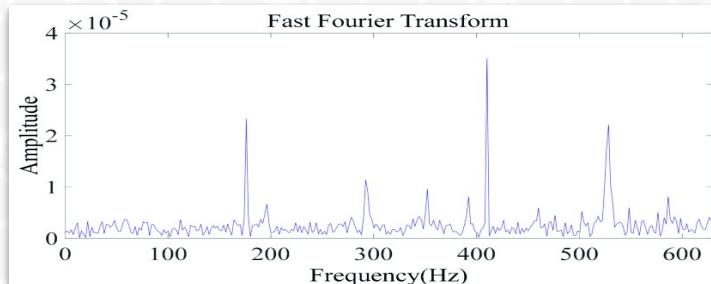


Rys. 12. Sygnał mowy w dziedzinie czasu

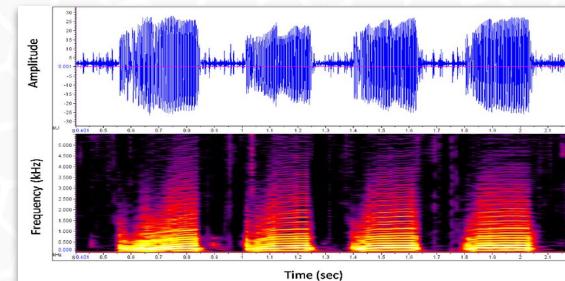
CZĘSTOTLIWOŚĆ



- Transformacja do dziedziny częstotliwości:



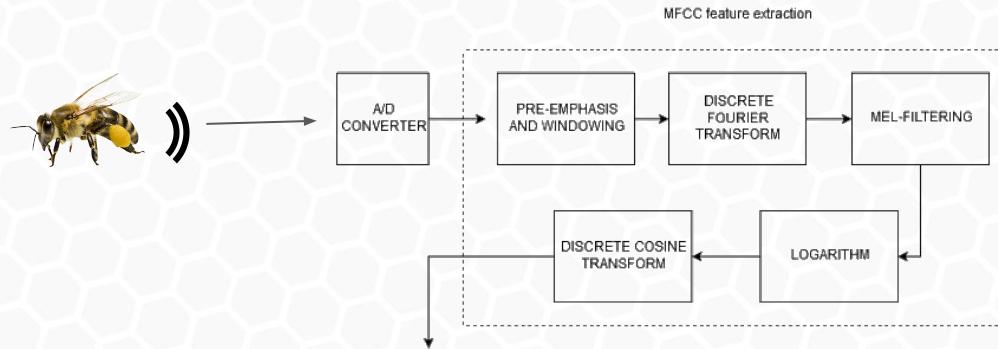
Rys. 12. Sygnał mowy w dziedzinie częstotliwości.





Jak interpretować dźwięk?

- Współczynniki ***Mel Frequency Cepstral Coefficients*** jako metoda opisu w akustyce

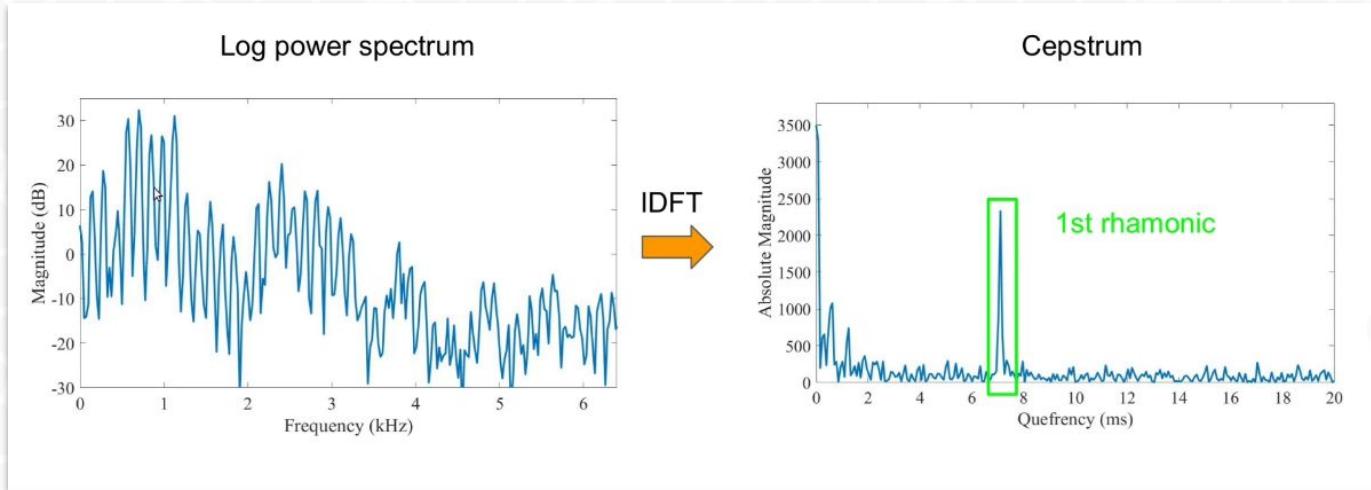


13 liczb opisujących dźwięk w 50 ms

Rys. 13. Diagram generacji współczynników cepstralnych.

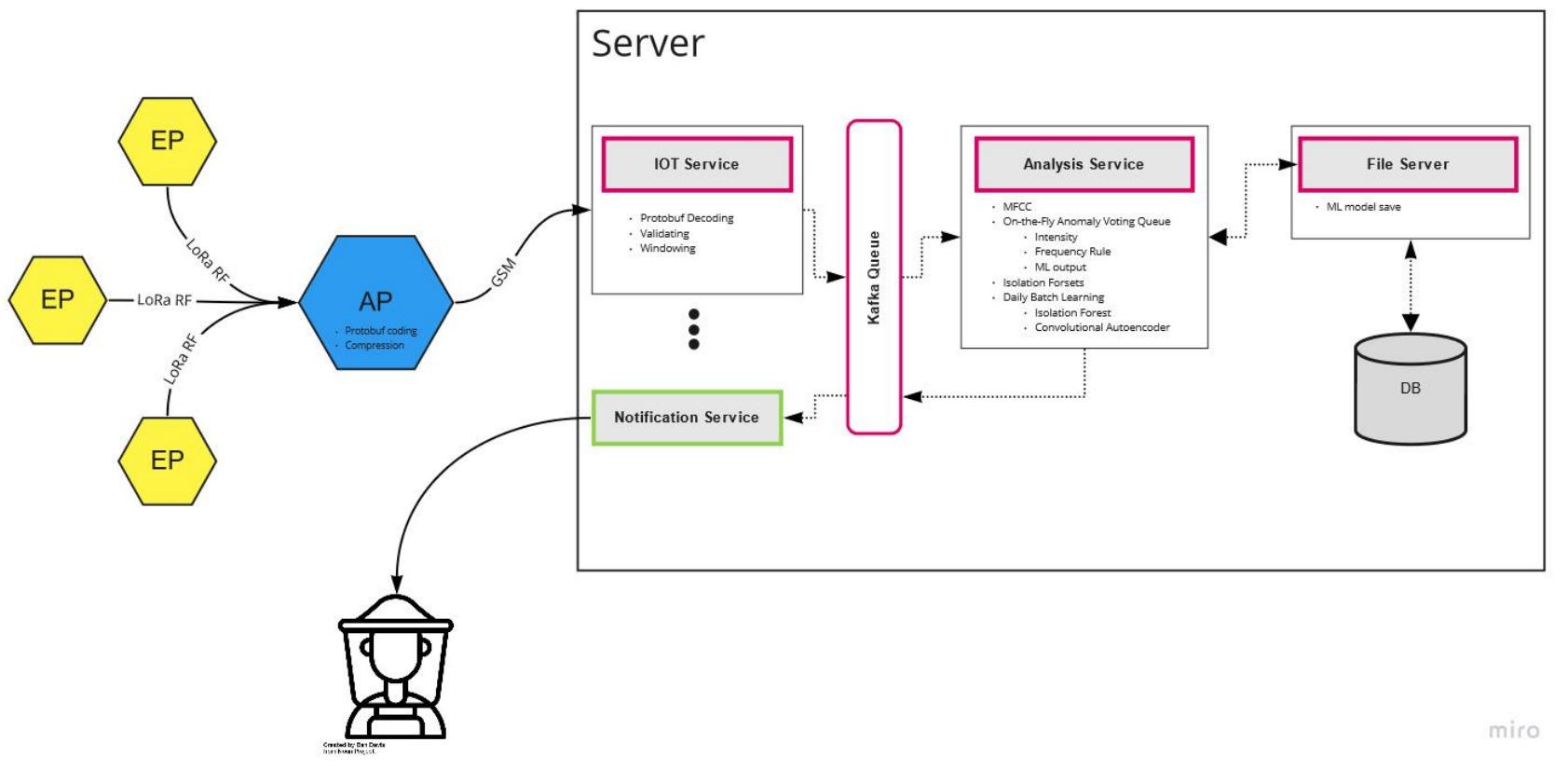


MFCC - współczynniki Mel Cepstralne



Rys. 14. Współczynniki Mel Cepstralne są wyznaczane z "Cepstrum", które jest określane jako "spectrum of spectrum". Źródło: Valerio Velardo - The Sound of AI.

Jak wykrywać anomalie u pszczół?

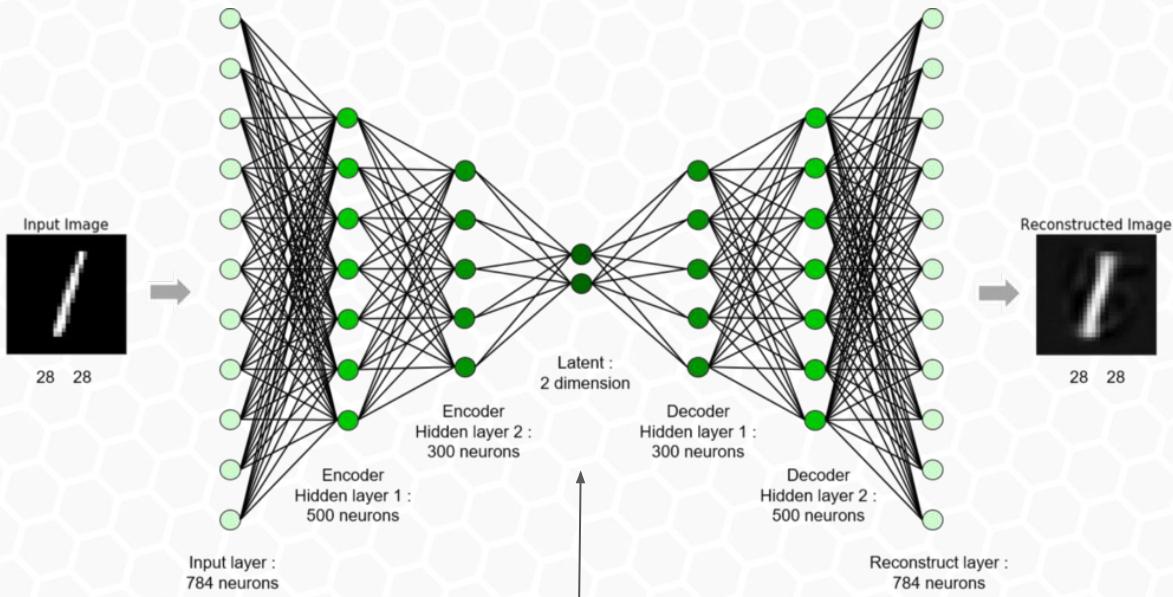


Rys. 15. Flow Detekcji anomalii w Smartuli.



SM Analysis v2

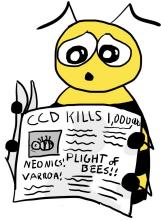
(2600 liczb opisujących dźwięk w 1s)



Ukryta reprezentacja
dźwięku/obrazu

(2600 liczb opisujących dźwięk w 1s)

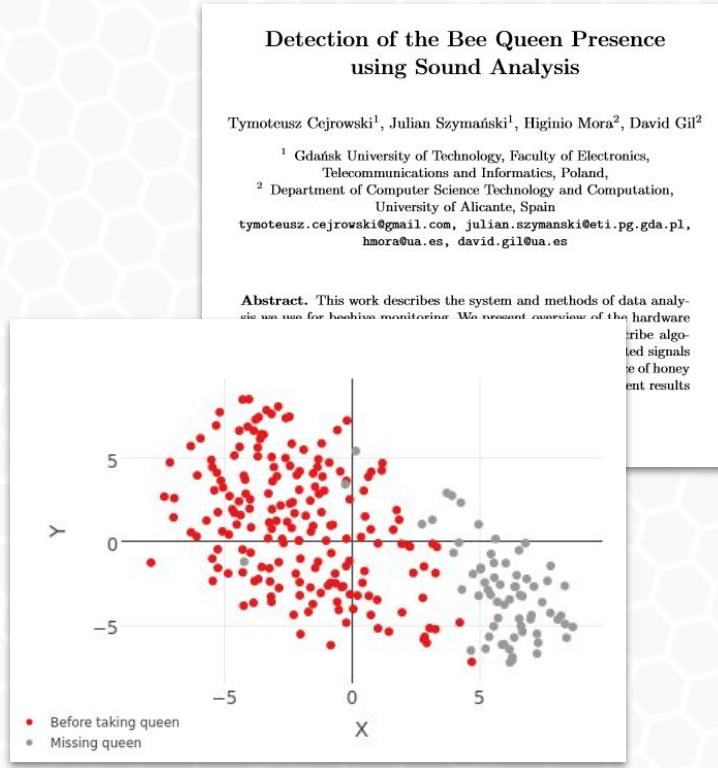
Rys. 16. Autoencoder w kontekście reprezentacji nagrań pszczelich.



Eksperymenty



Detekcja braku królowej



Rys. 17. Wynik eksperymentu detekcji królowej

- Sygnał quasistacjonarny definiowany 13 współczynnikami MFCC
 - Klasyfikator SVM (RBF Kernel)
 - Każdy ul powinien mieć swój model

Cejrowski, Tymoteusz, et al. "Detection of the bee queen presence using sound analysis." Asian Conference on Intelligent Information and Database Systems. Springer, Cham, 2018. https://doi.org/10.1007/978-3-319-75420-8_28



Kolejne badania - pestycydy

- Definicja dnia/nocy pszczeliej +
- Określenie zakresów temperatury w których pszczoły wydają charakterystyczne dźwięki + -
- Wyuczenie na przefiltrowanych danych modeli typu contrastive AE w celu detekcji zanieczyszczeń (opryski pestycydy) -

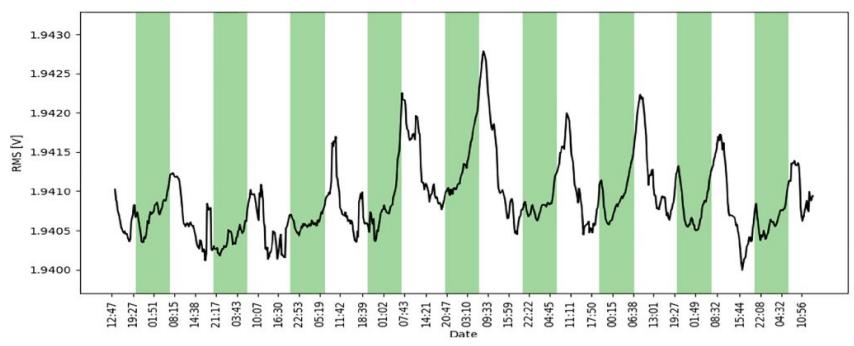


Rys. 18. Opryski w Wietnamie.

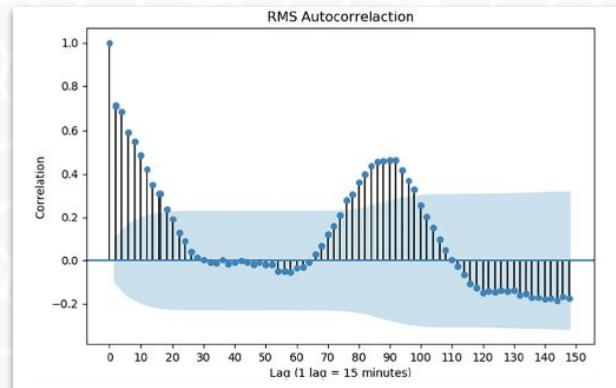


Detekcja dnia/nocy

- Charakterystyka dźwięków pszczelich jest cykliczna - pszczoły żyją i pracują w rytmie dobowym



Rys. 19. RMS Energy w ujęciu dobowym

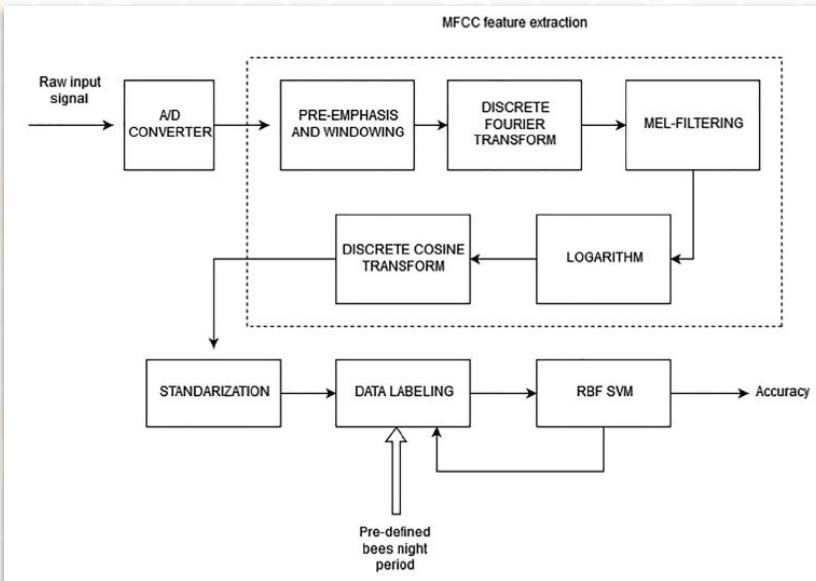


Rys. 20. Autokorelacja RMS Energy w ujęciu dobowym

Cejrowski, Tymoteusz, Julian Szymański, and Doina Logofătu. "Buzz-based recognition of the honeybee colony circadian rhythm." *Computers and Electronics in Agriculture* 175 (2020): 105586. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105586>



Detekcja dnia/nocy



Rys. 21. Architektura systemu

Table 1

SVM accuracy with presumed bee night end time for main hive. Green cells indicate models with the highest accuracy

Start	Length					
	1-h	2-h	3-h	4-h	5-h	6-h
8 p.m.	80.52%	71.21%	67.24%	66.50%	65.38%	65.63%
9 p.m.	72.08%	67.49%	66.62%	66.00%	67.99%	72.45%
10 p.m.	77.29%	72.70%	72.58%	73.94%	76.30%	78.66%
11 p.m.	79.90%	75.93%	76.17%	78.41%	79.15%	78.78%
12 a.m.	80.14%	76.79%	77.91%	79.28%	78.28%	77.29%
1 a.m.	80.39%	79.40%	78.03%	76.92%	75.80%	73.20%
2 a.m.	81.14%	77.66%	74.19%	72.82%	71.33%	68.23%
3 a.m.	78.41%	73.57%	70.22%	68.23%	66.50%	65.50%
4 a.m.	73.44%	71.09%	68.85%	66.37%	66.25%	63.52%
5 a.m.	76.17%	73.07%	70.34%	67.24%	67.49%	67.24%

Table 2

SVM accuracy with presumed bee night end time for validation hive.

Start	Length					
	1-h	2-h	3-h	4-h	5-h	6-h
11 p.m.	82.96%	81.48%	86.66%	88.88%	91.11%	90.37%
12 a.m.	77.77%	82.22%	85.92%	90.37%	87.40%	83.70%
1 a.m.	81.48%	85.92%	89.62%	88.14%	82.22%	77.77%
2 a.m.	88.14%	89.62%	88.14%	82.96%	80.74%	77.03%

Rys. 22. Accuracy modelu SVM w zestawieniu z godziną rozpoczęcia nocy pszczeliej i jej długości

Cejrowski, Tymoteusz, Julian Szymański, and Doina Logofătu. "Buzz-based recognition of the honeybee colony circadian rhythm." *Computers and Electronics in Agriculture* 175 (2020): 105586. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105586>



Temperaturowy zakres - dźwięki

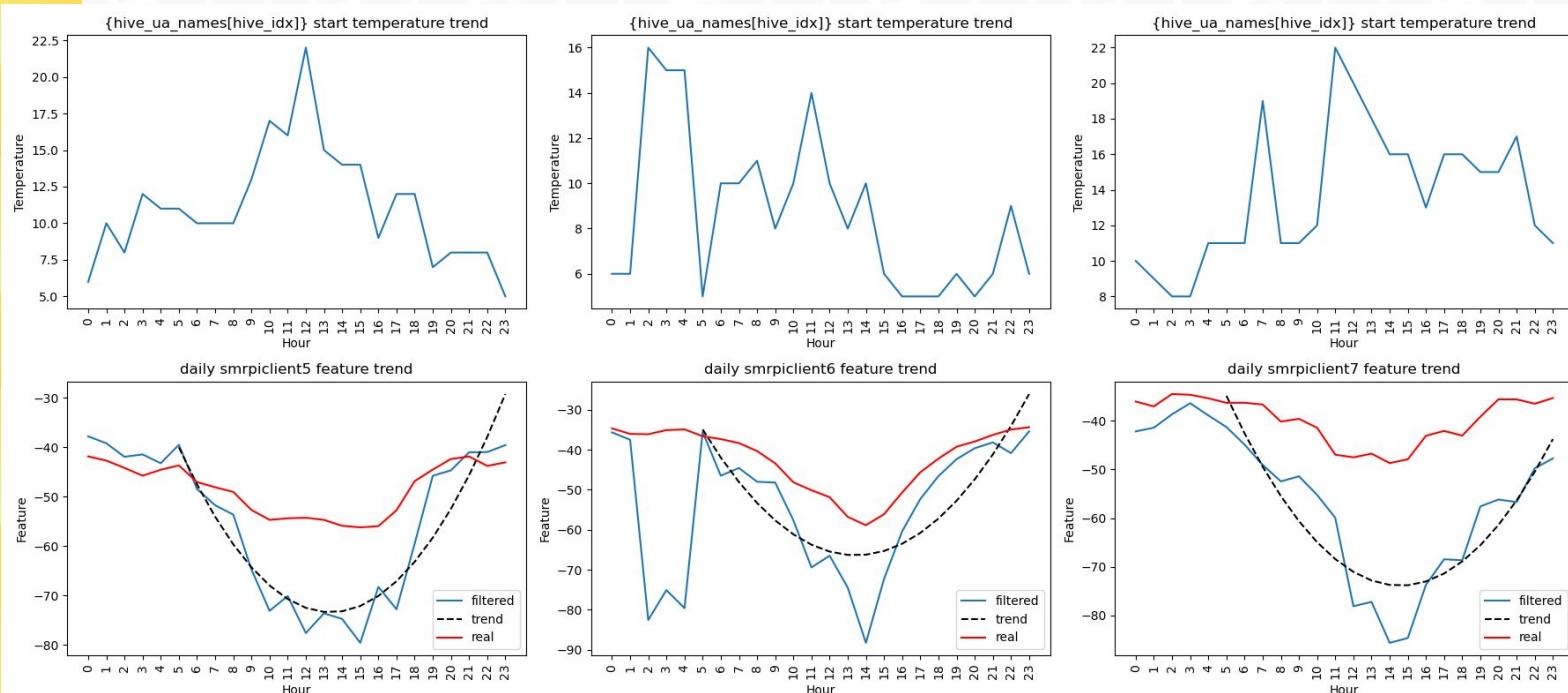
- Udowodniono, że występuje rytm dobowy wśród pszczół.
 - W jakich temperaturach pszczoły wydają charakterystyczne dla swojej rodziny dźwięki?
 - Czy są konkretne godziny, w których różnica jest najbardziej widoczna?
-
- Sygnał quasi-stacjonarny definiowany przez ACI (Acoustic Complexity Index)
 - Stosunkowo proste badania oparte o analizę wariancji



Rys. 22. Cechy "Bioacoustic" z powodzeniem znajdują zastosowanie w analizie nagrań ptaków i pszczół.



Temperaturowy zakres - dźwięki

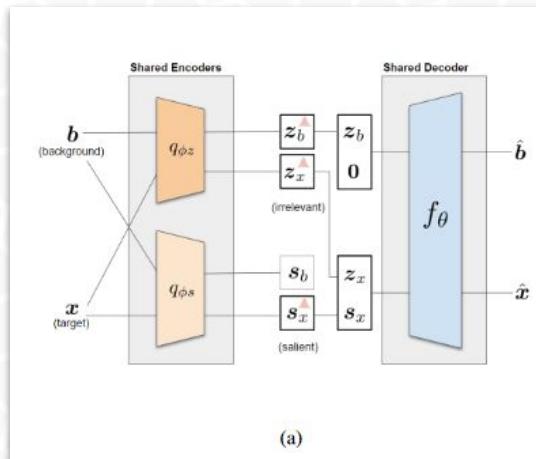


Rys. 23. Wykres cechy ACI w ujęciu godzinowym.



Użycie c(conv)VAE

- Użycie Contrastive Autoencodera jest w stanie uwidoczyć ukryte cechy i wzmacnić różnicowanie uli, tym samym zwiększając zdolności klasyfikacji.
- Pomysł polega na odjęciu “przestrzeni ukrytej”



Rys. 23. Architektura Contrastive Autoencoder. Źródło: Abid, A., & Zou, J. (2019). Contrastive variational autoencoder enhances salient features. arXiv preprint arXiv:1902.04601.



Co dalej z Smartulą?

The screenshot shows the main landing page of smartula.pl. At the top right is a yellow 'Zaloguj się' (Log in) button. To its left is a navigation bar with links: ENG, FUNKCJE, JAK DZIAŁA?, B2B, MEDIA, BLOG, KONTAKT. The main headline reads 'Zaopiekuj się Nimi' (Take care of Nimi). Below it is a subtext: 'Smartula to osobisty asystent dla Twoich pszczół. Zadbaj lepiej o swoje pszczele rodzinę i zacznij monitorować ich samopoczucie.' A large image of a bee is on the right. At the bottom left is a newsletter sign-up form with fields for email and a 'Subskrybuj' (Subscribe) button.

1

<https://smartula.pl>



The screenshot shows the 'Zaloguj się' (Log in) page. It has fields for 'Adres e-mail' (Email address) and 'Hasło' (Password), both with placeholder text. Below them is a green 'Zaloguj się' (Log in) button. Underneath the password field is a link 'Nie pamiętam hasła' (Forgot password?). At the bottom are two buttons: 'Zarejestruj się' (Register) and 'Konto demo' (Demo account).

2



Co dalej z **Smartulą**?

- zakończone testy w pasiece Pomorskiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego w Lubaniu
- przygotowanie do II rundy finansowania
- szerokie testy wśród pszczelarzy i innych instytucji
- implementacja aplikacji mobilnej + rozwój urządzeń i algorytmów



Rys. 24. Team.

Dziękuję!

Tymoteusz Cejrowski

Katedra Architektury Systemów Komputerowych

Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki, Politechnika Gdańsk

tymoteusz.cejrowski@pg.edu.pl

