

Μελέτη Παραγόντων Διαβίωσης και Βελτίωση Απόδοσης στην Μελισσοκομία με Χρήση Προηγμένων Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνίας

Κωνσταντίνος Σιώζιος
Αναπληρωτής Καθηγητής
Τμήμα Φυσικής
ksiop@auth.gr



Σύντομη Περίληψη

Η παρακολούθηση και μελέτη των μελισσών αποτελεί ένα θέμα σημαντικής προτεραιότητας. Το σύστημα που έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του έργου SMARTBEEing αξιοποιεί τις εξελίξεις της τεχνολογίας των αισθητήρων με σκοπό τη δημιουργία κατάλληλων μονάδων μέτρησης, οι οποίες αποτελούν κομμάτι ενός συνολικότερου συστήματος καταγραφής και αξιολόγησης. Τα δεδομένα των μετρήσεων αξιολογούνται σε επίπεδο κυψέλης και τα συμπεράσματα της ανάλυσης αποστέλλονται στο υπολογιστικό νέφος για οπτικοποίηση. Το σύνολο της επεξεργασίας οδηγεί σε μια εκτίμηση ύπαρξης διαφόρων φαινομένων που εν γένει μπορεί να εμφανιστούν στο χώρο μιας κυψέλης, υποδηλώνοντας κάποιο φαινόμενο λιγότερο ή περισσότερο προβληματικό. Παράλληλα, περιέχουν πληροφορίες για την γενικότερη αξιολόγηση και μελέτη της κατάστασης της κυψέλης από τους μελισσοκόμους.

Περισσότερες πληροφορίες για τους στόχους του έργου, καθώς και τα ερευνητικά αποτελέσματα αυτού, μπορείτε να βρείτε στη σχετική ιστοσελίδα: <https://smartbeeing.web.auth.gr/>.

Πλαίσιο Χρηματοδότησης:

ΕΣΠΑ 2014-2020, ΕΠ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ-ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ-ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ, ΕΡΕΥΝΩ - ΔΗΜΙΟΥΡΓΩ - ΚΑΙΝΟΤΟΜΩ 2014-2020



Λέξεις Κλειδιά:

IoT, sound recognition, beekeeping, health monitoring

Διάρκεια Έργου:

29/10/2020- 28/10/2023

Μέλη Ερευνητικής Ομάδας:

Κώστας Σιώζιος, Αναπληρωτής Καθηγητής
Στυλιανός Σίσκος, Καθηγητής
Θεόδωρος Λαόπουλος, Καθηγητής
Θωμάς Νούλης, Επίκουρος Καθηγητής
Βασίλης Παυλίδης, Αναπληρωτής Καθηγητής
Σωτήρης Γούδος, Καθηγητής
Κώστας Μπαλάσκας, Υποψήφιος Διδάκτορας
Χρήστος Σάντ, Υποψήφιος Διδάκτορας
Δημήτρης Δανόπουλος, Υποψήφιος Διδάκτορας
Γιάννης Σοφιανίδης, Υποψήφιος Διδάκτορας
Αργύρης Κοκκίνης, Υποψήφιος Διδάκτορας
Ζωή Αγοραστού, Υποψήφια Διδάκτορας
Βάσω Γωγόλου, Υποψήφια Διδάκτορας
Κώστας Κοζαλάκης, Υποψήφιος Διδάκτορας
Βασίλης Κωνσταντάκος, Μεταδιδακτορικός Ερευνητής
Δημήτρης Καμπερόπουλος, Υποψήφιος Διδάκτορας
Φλωρεντία Αφεντάκη, Υποψήφια Διδάκτορας
Βασίλης Σερασίδης, Κάτοχος ΠΜΣ

Ερευνητικά Αποτελέσματα

Στα σύστημα τεχνολογίας Internet-of-Things που αναπτύχθηκε στα πλαίσια του έργου SMARTBEEING επιτρέπει την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο των συνθηκών που επικρατούν στο εσωτερικό μιας κυψέλης. Για την υλοποίηση αυτό πραγματοποιήθηκαν τα ακόλουθα βήματα:

- Ανάπτυξη συστήματος καταγραφής βασικών παραμέτρων: Θεωρώντας ότι τα διάφορα φαινόμενα προς ανίχνευση στο χώρο της κυψέλης χαρακτηρίζονται από μη αμελητέα πολυπλοκότητα, με ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον, και με αρκετά άγνωστα στοιχεία με βάση τη βιβλιογραφία, αναπτύχθηκε αρχικά ένα σύστημα για την καταγραφή βασικών μεταβλητών, όπως ηχητικού περιεχόμενου και περιβαλλοντικού χαρακτήρα.
- Ανάπτυξη πλήρους συστήματος παρακολούθησης των μελισσών: Με το πέρας του συστήματος καταγραφής βασικών παραμέτρων, πραγματοποιήθηκε η ανάπτυξη ενός πλήρους συστήματος, που πέρα από τον εμπλουτισμό με αισθητήρες, όπως η μέτρηση του βάρους της κυψέλης και η καταγραφή του αριθμού εισερχομένων και εξερχομένων μελισσών στο χώρο της κυψέλης, ενσωματώνει και τα απαραίτητα υποσυστήματα για την πλήρη λειτουργικότητά αυτού (π.χ. συστήματα επικοινωνίας, αποθήκευσης, ελέγχου και διαχείρισης ενέργειας).
- Εγκατάσταση του συστήματος στο χώρο των κυψελών, έλεγχος και βαθμονόμηση συστήματος: Και οι δύο εκδόσεις του συστήματος (αρχική και πλήρης) έχουν εγκατασταθεί στο χώρο της μελισσοκομικής μονάδας με στόχο την αξιολόγηση αρχικά της καλής τους λειτουργίας και στη συνέχεια με στόχο τη συλλογή δεδομένων, για μελλοντική επεξεργασία και αξιοποίηση.

Αναφορικά με τις συνθήκες που επικρατούν στην κυψέλη, αυτό προκύπτει αποκλειστικά με βάση τα δεδομένα που συλλέγει ο μετρητικός κόμβος. Συγκεκριμένα, η ανάλυση των δεδομένων σε επίπεδο κυψέλης περιλαμβάνει την εξαγωγή ενός συνόλου χαρακτηριστικών (features) από τα ηχητικά δεδομένα προκειμένου να επιτευχθεί ο χαρακτηρισμός της κατάστασης του μελισσιού βάσει αυτών. Με βάση τα πρωτογενή ηχητικά δεδομένα που έχουν καταγραφεί από το σύστημα δειγματοληψίας, αυτά φιλτράρονται διατηρώντας μόνο το ωφέλιμο μέρος του φάσματος. Στη συνέχεια, τα δεδομένα τμηματοποιούνται σε μικρά χρονικά παράθυρα (της τάξης του 1 second) και υπολογίζεται η φασματική ισχύς για καθένα εξ' αυτών. Προκύπτει, έτσι, το φασματογράφημα του σήματος, για το οποίο εφαρμόζεται ο μετασχηματισμός Mel. Στα πλαίσια αυτού εφαρμόζονται τριγωνικά φίλτρα σε συγκεκριμένες συχνότητες, μετατρέποντας τη γραμμική κλίμακα συχνοτήτων στην κλίμακα Mel. Στο σημείο αυτό, εξάγονται τα features του σήματος, τα Mel Frequency Cepstral Coefficients (MFCC). Τα features αυτά αποτελούν σταθερές που εκφράζουν την ισχύ σε dB για διάφορες ζώνες συχνοτήτων και υπολογίζονται για κάθε δευτερόλεπτο των δεδομένων ήχου. Τα επόμενα βήματα της επεξεργασίας αφορούν την ανάλυση της στατιστικής συμπεριφοράς των τιμών κάθε feature, τα οποία συγκρίνονται με τις τιμές αναφοράς (οι οποίες αντιστοιχούν σε ομαλή κατάσταση του μελισσιού). Σύμφωνα με αυτό, για κάθε δείγμα χρησιμοποιείται η συνάρτηση αθροιστικής πυκνότητας πιθανότητας (Cumulative Density Function – CDF), προκειμένου να υπολογιστεί κατά πόσο αυτή αποκλίνει από το μέσο όρο της αναφοράς.

Ερευνητικά Αποτελέσματα

Για την επεξεργασία των ηχητικών δεδομένων επιλέχθηκε μια συμβατική μέθοδος δίνοντας έμφαση σε συναρτήσεις χαμηλής πολυπλοκότητας με σκοπό την υλοποίηση σε μικροελεγκτή. Επιπλέον, τα βήματα της ανάλυσης μπορούν να παραμετροποιηθούν προκειμένου να μειωθεί ο αριθμός των αριθμητικών πράξεων (ανάλυση μετασχηματισμού Fourier, διάρκεια και αριθμός παραθύρων, αριθμός σταθερών Mel) ανάλογα με τις ανάγκες και τις συνθήκες λειτουργίας (π.χ. κατάσταση φόρτισης της μπαταρίας).



The banner features a yellow background with a stylized beehive icon on the left and a bee icon on the right. The text 'SMARTBEEING' is prominently displayed in the center. Below the title, the project's mission is stated: 'Bee population health, wellbeing and yield improvement through novel monitoring technologies'. Two QR codes are provided for further information, labeled 'SMARTBEEING Project' and 'Contact Info'. At the bottom, the funding sources are detailed: 'Co-financed by the European Regional Development Fund of the European Union and Greek national funds through the Operational Program Competitiveness, Entrepreneurship and Innovation, under the call RESEARCH – CREATE - INNOVATE (project code:T2EDK-01681)'.

SMARTBEEING

Bee population health, wellbeing and yield improvement through novel monitoring technologies

SMARTBEEING Project **Contact Info**

Co-financed by the European Regional Development Fund of the European Union and Greek national funds through the Operational Program Competitiveness, Entrepreneurship and Innovation, under the call RESEARCH – CREATE - INNOVATE (project code:T2EDK-01681)

Παραδείγματα εφαρμογών

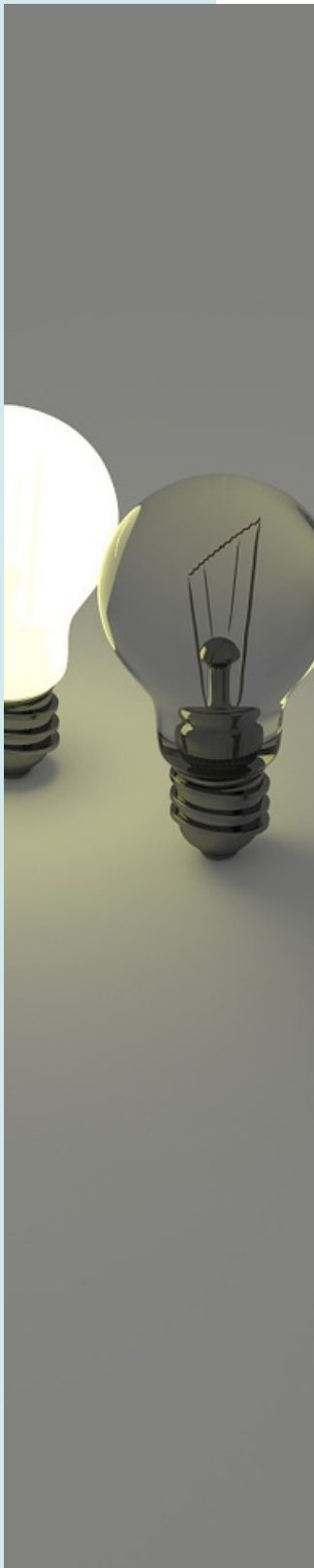
“ Αντικείμενο του έργου SMARTBEEing αποτέλεσε ο σχεδιασμός, η ανάπτυξη και η πιλοτική εγκατάσταση μιας καινοτόμου πλατφόρμας έγκαιρης προειδοποίησης και αποφυγής ενός συνόλου στρεσογόνων παραγόντων-καταστάσεων που σχετίζονται άμεσα τόσο με την «κοινωνική» ζωή της μέλισσας, όσο και την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων. ”

Οι υπάρχουσες προσεγγίσεις στοχεύουν κύρια στην καταγραφή παραμέτρων παραγωγής, ενώ η λύση που έχει προταθεί στα πλαίσια του έργου SMARTBEEING επιτρέπει επιπλέον την πρόβλεψη με υψηλή ακρίβεια μελλοντικών ανεπιθύμητων συμβάντων (π.χ. σμηνουργία, απώλεια βασίλισσας) και την πρόταση κατάλληλων διορθωτικών ενεργειών-επεμβάσεων από τους μελισσοκόμους.

Συγκεκριμένα, στα πλαίσια του έργου έχει δημιουργηθεί ένα ολοκληρωμένο σύστημα υποστήριξης αποφάσεων, τόσο σε επίπεδο κυψέλης και μελισσοκόμου, όσο και σε παγκόσμιο, σε μια προσπάθεια να αποφευχθούν απρόβλεπτες συνέπειες στο οικοσύστημα από την παρατηρούμενη δραματική μείωση των μελισσών. Για το σκοπό αυτό έχουν ληφθεί υπόψιν παράμετροι σχετιζόμενοι με το ίδιο το μελίσι και με το χώρο εγκατάστασής αυτού, ενώ παράλληλα το σύστημα χαρακτηρίζεται από το χαμηλό κόστος κτήσης/συντήρησης και τη φιλική διεπαφή με τον μη-εξοικειωμένο με την τεχνολογία τελικό χρήστη.

Στα πλαίσια του έργου έχει πραγματοποιηθεί η ενοργάνωση ενός συνόλου κυψελών που βρίσκονται στο αγρόκτημα ΑΠΘ με χαμηλού κόστους ηλεκτρονικό εξοπλισμό, όπου συνδυαστικά με τα κατάλληλα μοντέλα εξαγωγής συμπερασμάτων και το υποστηρικτικό λογισμικό που έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του έργου επιτρέπουν:

- την έγκαιρη ειδοποίηση αναφορικά με επικείμενη σμηνοουργία, εγκατάλειψη μελισσιού και την παρουσία ή μη της βασίλισσας στην κυψέλη,
- τη διαχείριση των εσωτερικών συνθηκών της κυψέλης με στόχο την πρόληψη ασθενειών,
- εκτιμήσεις για τη μελλοντική παραγωγικότητα του μελισσιού και
- την αύξηση της ασφάλειας ενάντια στις κλοπές και στους φυσικούς εχθρούς των μελισσών.



Σχετικές Δημοσιεύσεις

M. Ζιώγας, Δ. Κανέλης, Κ. Σιώζιος, Β. Λιόλιος, Μ.-Α. Ροδοπούλου, Σ. Σίσκος, Θ. Λαόπουλος, Χ. Τανανάκη, "Αυτοματοποιημένο Σύστημα Καταγραφής, Ανάλυσης και Εκτίμησης Κινδύνων σε Κυψέλες", 4ο Πανελλήνιο Επαγγελματικό Συνέδριο Μελισσοκομίας, 26-28 Μαρτίου 2022, Θεσσαλονίκη.

D. Kanelis, M. Ziogas, K. Siozios, V. Liolios, M.-A. Rodopoulou, S. Siskos, T. Laopoulos, C. Tananaki, "Monitoring and Analysing Hive Sounds as a Potential Tool for the Detection of the Queen's Absence in Colonies of *Apis mellifera* L.", 9th European Congress of Apidology (EurBee), 20-22 September 2022, Belgrade, Serbia.

C. Tananaki, D. Kanelis, V. Liolios, M.-A. Rodopoulou, "Factors That Affect Honeybees' Swarming", 9th European Congress of Apidology (EurBee), 20-22 September 2022, Belgrade, Serbia.

K. Balaskas and K. Siozios, "Fatigue Detection Using Deep Long Short-Term Memory Autoencoders", 10th International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies (MOCAS), 2021, pp. 1-4, Thessaloniki, Greece.

C. Sad and K. Siozios, "An algorithm for node clustering targeting swarm of cyberphysical systems", 11th International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies (MOCAS), 2022, pp. 1-4, Germany.

G. Vergos, V. Gogolou, C. Panagiotopoulou, A. Avgoustidis, T. Noulis, K. Siozios, S. Siskos, "Machine Learning based Power Converter Large Signal Simulation for Energy Harvesting Applications", IFIP/IEEE 30th International Conference on Very Large Scale Integration (VLSI-SoC), 2022, pp. 1-5, Sept. 2022, Patra, Greece, doi: 10.1109/VLSI-SoC54400.2022.9939641.

C. Tsompos, V. Pavlidis, K. Siozios, "Designing a Lightweight Convolutional Neural Network for Bird Audio Detection", PANhellenic Conference on Electronics and Telecommunications (PACET), Dec. 2-3, 2022, Tripolis, Greece.

D. Kampelopoulos, I. Sofianidis, C. Tananaki, K. Tsiapali, S. Nikolaidis, K. Siozios, "Analyzing the Beehive's Sound to Monitor the Presence of the Queen Bee", PANhellenic Conference on Electronics and Telecommunications (PACET), Dec. 2-3, 2022, Tripolis, Greece.

C. Sad, A. Michailidis, T. Noulis and K. Siozios, "A Hybrid GA/ML-based end-to-end Automated Methodology for Design Acceleration of Wireless Communications CMOS LNAs", *Electronics*, 2023, 12(11), 2428.

Σχετικές Δημοσιεύσεις

C. Marantos, C. Lamprakos, K. Siozios and D. Soudris, "Model-Free HVAC Optimizer based on Reinforcement Learning", 32nd International Symposium on Industrial Electronics (ISIE), pp. 1-8, June 2023, Finland.

D. Kanelis, V. Liolios, F. Papadopoulou, M. Rodopoulou, D. Kampelopoulos, K. Siozios, C. Tananaki, "Decoding the Behavior of a Queenless Colony Using Sound Signals", *Biology (Basel)*, 2023 Oct 31;12(11):1392. doi: 10.3390/biology12111392. PMID: 37997991; PMCID: PMC10669568.