



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ & ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Πτυχιακή Εργασία

**ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΖΩΩΝ
ΚΑΙ Η ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΗΣ**

Φοιτήτρια: Γιαννακοπούλου Γεωργία
ΑΜ: 42778

Φοιτήτρια: Τζανάκου Ελένη-Ιωάννα
ΑΜ: 43254

Επιβλέπων Καθηγητής

Πατρικάκης Χαράλαμπος
(Καθηγητής του Τμήματος Ηλεκτρολόγων & Ηλεκτρονικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής)

ΑΘΗΝΑ-ΑΙΓΑΛΕΩ, 23/06/2020



UNIVERSITY OF WEST ATTICA
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF ELECTRICAL & ELECTRONICS ENGINEERING

Degree Thesis

**ANIMAL ACTIVITY RECOGNITION DEVICES AND THE USE OF
MACHINE LEARNING**

Student: Georgia Giannakopoulou

Registration Number: 42778

Student: Eleni-Ioanna Tzanakou

Registration Number: 43254

Supervisor

Charalampos Patrikakis

(Professor of the Department of Electrical and Electronic Engineering, University of West Attica)

ATHENS-EGALEO, 23/06/20

Copyright © Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Γεωργία Γιαννακοπούλου

Ελένη-Ιωάννα Τζανάκου Τρίτη 26 Ιουνίου 2020

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τους συγγραφείς.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον/την συγγραφέα του και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις θέσεις του επιβλέποντος, της επιτροπής εξέτασης ή τις επίσημες θέσεις του Τμήματος και του Ιδρύματος.

ΔΗΛΩΣΗ ΠΕΡΙ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ

Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, δηλώνω ενυπόγραφα ότι η παρούσα εργασία προετοιμάστηκε και ολοκληρώθηκε από εμένα αποκλειστικά και ότι είμαι ο αποκλειστικός συγγραφέας του κειμένου της.

Η εργασία μας δεν προσβάλλει οποιασδήποτε μορφής δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας ή προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής ή λογοκλοπής.

Κάθε βοήθεια που έλαβα για την ολοκλήρωση της εργασίας είναι αναγνωρισμένη και αναφέρεται λεπτομερώς στο κείμενό της. Ειδικότερα, έχω αναφέρει ευδιάκριτα μέσα στο κείμενο και με την κατάλληλη παραπομπή όλες τις πηγές δεδομένων, κώδικα προγραμματισμού Η/Υ, απόψεων, θέσεων και προτάσεων, ιδεών και λεκτικών αναφορών που χρησιμοποιήθηκαν, είτε κατά κυριολεξία είτε βάσει επιστημονικής παράφρασης, και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Επιπλέον, όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης κατά τα διεθνή πρότυπα.

Τέλος δηλώνω ενυπόγραφα ότι αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της είναι προϊόν λογοκλοπής.

Τρίτη 26 Ιουνίου 2020

(Γεωργία Γιαννακοπούλου / Ελένη-Ιωάννα
Τζανάκου)

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να αποδώσουμε ευχαριστίες στον επιβλέποντα καθηγητή μας κύριο Χαράλαμπο Πατρικάκη για την βοήθεια που μας παρείχε κατά την εκπόνηση της πτυχιακής μας εργασίας. Επιπλέον, ευχαριστούμε τους Παναγιώτη Κασνέση και Βασίλειο Δουλγεράκη που επικουρικά συμμετείχαν στην ολοκλήρωση του έργου, τόσο με τη συσκευή που χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή των δεδομένων, όσο και για τη συγγραφή του κώδικα σε γλώσσα προγραμματισμού python. Θερμές ευχαριστίες και στο τμήμα Επιστήμης Ζωικής Παραγωγής και Υδατοκαλλιεργειών του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών για τη συνεργασία και βοήθεια στην καταγραφή δεδομένων και συγκεκριμένα στους : κύριο Λαλιώτη Γεώργιο – Επίκουρο Καθηγητή, κύριο Μπιζέλη Ιωσήφ – Καθηγητή και κύριο Παπαχρήστου Δημήτριο – Υποψήφιο Διδάκτωρ.

Περίληψη

Η μηχανική μάθηση έχει κάνει την εμφάνιση της με τεχνολογίες μεγάλου όγκου δεδομένων και υπολογιστές υψηλής απόδοσης, δημιουργώντας νέες ευκαιρίες για την εντατική μελέτη δεδομένων στον τομέα των διεπιστημονικών τεχνολογιών. Σε αυτήν την εργασία, παρουσιάζουμε μια ολοκληρωμένη ανασκόπηση η οποία αναφέρεται σε εφαρμογές μηχανικής μάθησης και σε συστήματα που συντελούν στην ευζωία και ανάπτυξη της γεωργικής παραγωγής, των κατοικίδιων αλλά και των άγριων ζώων. Τα αναφερόμενα, αναλύθηκαν και κατηγοριοποιήθηκαν στις εξής κατηγορίες: (α) τη διαχείριση των καλλιεργειών, συμπεριλαμβανομένων των εφαρμογών σχετικά με την πρόβλεψη απόδοσης και την ανίχνευση ασθενειών στα ζώα εκτροφής, (β) τη διαχείριση των ζώων, συμπεριλαμβανομένων των εφαρμογών για την καλή μεταχείριση των ζώων, τόσο των εκτρεφόμενων όσο και των κατοικίδιων, (γ) και τη διάγνωση του υγιούς περιβάλλοντος των άγριων ζώων προκειμένου να επιβιώνουν σωστά σε αυτό. Το φιλτράρισμα και η ταξινόμηση των κατηγοριών που παρουσιάζονται καταδεικνύουν πώς η γεωργία, τα οικόσιτα ζώα και η άγρια ζωή θα ωφεληθούν από τις τεχνολογίες μηχανικής μάθησης. Εφαρμόζοντας την μηχανική μάθηση σε δεδομένα αισθητήρων, τα συστήματα διαχείρισης εξελίσσονται σε προγράμματα με δυνατότητα τεχνητής νοημοσύνης σε πραγματικό χρόνο που παρέχουν πλούσιες προτάσεις και πληροφορίες για την υποστήριξη αποφάσεων και ενεργειών.

Λέξεις – κλειδιά

Μηχανική μάθηση, Πρωτόκολλα, Τεχνολογίες παρακολούθησης κατοικίδιου, Εφαρμογές, ζώα εκτροφής, Οικόσιτα, Συστήματα και συσκευές μηχανικής μάθησης, συσκευές μηχανικής μάθησης με αισθητήρες, MATLAB, ανάλυση δεδομένων.

Abstract

Machine learning has emerged with big data technologies and high-performance computing to create new opportunities for intensive data science in the multi-disciplinary technologies' domain. In this paper, we present a comprehensive review of research dedicated to applications of machine learning applications in systems that contribute to the well-being and development of agricultural production, as well as pets and wildlife. The works were analyzed and categorized into (a) crop management, including applications for performance forecasting, disease detection, (b) animal management, including applications for good management of animals, both farmed and domestic, (c) diagnosis of the healthy environment of wild animals in order to survive properly in it. The filtering and classification of the categories demonstrate how agriculture, pets and wildlife will benefit from machine learning technologies. By applying machine learning to sensor data, management systems evolve into real-time artificial intelligence programs that provide rich recommendations and insights to support decisions and actions.

Keywords

Machine Learning, Protocols, Technologies for animal observation and tracking, Applications, Breeding Animals, Pets, Machine Learning System and devices, Machine learning devices with Sensors, MATLAB, Data Analysis.

Περιεχόμενα

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	8
1.1	Αντικείμενο της πτυχιακής εργασίας	9
1.2	Δομή & Μεθοδολογία.....	9
2	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : Μηχανική Μάθηση (Machine Learning)	10
2.1	Είδη Μηχανικής Μάθησης.....	10
2.2	Ανάλυση της Μάθησης	11
2.3	Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα	11
2.3.1	Deep neural nets	12
3	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : Πρωτόκολλα και Τεχνολογίες.....	13
3.1	Πρωτόκολλα και Τεχνολογίες για ζώα εκτροφής.....	13
3.1.1	Ζώα που τρέφονται από χέρι ανθρώπου	14
3.1.2	Ζώα που εκτρέφονται στη φύση	15
3.2	Εφαρμογές και Τεχνολογίες Παρακολούθησης Κατοικίδιου.....	16
3.2.1	Τμήματα Παρακολούθησης Οικόσιτου.....	16
4	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : Συστήματα και Συσκευές Μηχανικής Μάθησης	20
4.1	Συστήματα	20
4.1.1	Σύστημα Cainthus[15].....	20
4.1.2	Εφαρμογή AWIN [16]	21
4.2	Συσκευές Μηχανικής Μάθησης με Αισθητήρες	21
4.2.1	<i>Vital Herd</i> [17].....	21
4.2.2	<i>Cowlar</i> [18]	21
4.2.3	«Εξυπνο» Ηλεκτρονικό Κολάρο[19].....	22
4.2.4	<i>Bee tracker</i> [20].....	22
4.3	Συσκευές Μηχανικής Μάθησης Απλής Παρακολούθησης Κατοικίδιου	23
4.3.1	<i>GoPro Fetch Dog</i> [21]	23
4.3.2	<i>Catsacam</i> [22].....	23
4.3.3	<i>Delta Smart</i> [23]	23
4.3.4	<i>Keep Away Tags</i> [24]	24
5	ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο : Πρακτικό Μέρος.....	25
5.1	Σκοπός	25
5.2	Συσκευή.....	25
5.3	Dataset - Στάδια Δημιουργίας.....	27
5.3.1	1 ^ο Στάδιο – Περιγραφή Διαδικασίας σε περιβάλλον Matlab	28
5.3.2	2 ^ο Στάδιο – Ανάλυση Δεδομένων	32
5.3.3	Κώδικας που χρησιμοποιήθηκε (3 ^ο στάδιο).....	34
5.3.4	Ταξινόμηση	34
6	Επίλογος	37
7	Αναφορές / Links	39

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι «έξυπνοι υπολογιστές» και οι τεχνολογίες ανίχνευσης έχουν γίνει συνηθισμένοι όροι για να περιγράψουν την επόμενη γενιά πληροφορικής, επικοινωνίας και τεχνολογίας και συστημάτων ανίχνευσης, μέσω του διαδικτύου και πολλών εφαρμογών νεφοϋπολογισμού (cloud). Η χρήση του όρου «έξυπνη τεχνολογία» μπορεί να διαφέρει, αλλά είναι συνήθως ένα διαδικτυακό σύστημα που συνδέει φυσικές συσκευές με υπολογιστικά συστήματα για συλλογή και επεξεργασία δεδομένων. Κάποια βασικά παραδείγματα «έξυπνου υπολογιστή», αλλά και αισθητήρων σήμερα, είναι οι διαδικτυακές συσκευές για φορητό υπολογιστή, οι ασύρματοι αισθητήρες και τα κινητά δίκτυα επόμενης γενιάς, τα υπολογιστικά συστήματα εξοικονόμησης ενέργειας, καθώς και συστήματα ανάλυσης και απεικόνισης μεγάλου όγκου δεδομένων.

Χάρη σε αυτές τις έξυπνες τεχνολογίες που αναπτύσσονται, αναμένεται να υπάρξουν τεράστια κοινωνικά και οικονομικά οφέλη για τον άνθρωπο.

Ένας από τους τομείς που αναμένεται να επωφεληθεί από τους «έξυπνους υπολογιστές» και τις τεχνολογίες είναι η ευζωία των ζώων. Με την έννοια της ευζωίας των ζώων, εννοούμε τις βασικές ανάγκες των ζώων και της υγείας τους - εάν τα ζώα δηλαδή είναι απαλλαγμένα από πόνο και ταλαιπωρία, και αν επίσης ανταποκρίνονται θετικά στο δικό τους περιβάλλον - για τα οποία οι «έξυπνες» τεχνολογίες μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο.

Εξετάζοντας την υπόθεση της κτηνοτροφίας. Τα ζώα αποτελούν ουσιαστικό μέρος της βιώσιμης γεωργίας, της ασφάλειας των τροφίμων, της υγείας του ανθρώπου και της προστασίας του περιβάλλοντος, ενώ δεν υπάρχει εθνική διακήρυξη του κράτους σχετικά με τις πτυχές καλής διαβίωσης των ζώων, στο πλαίσιο αυτό της αειφόρου ανάπτυξης ή των βέλτιστων πρακτικών για υπεύθυνες επενδύσεις στη γεωργία. Ενώ πρέπει να πραγματοποιηθούν σημαντικές επενδύσεις για τις νέες τεχνολογίες γεωργίας, δεν υπάρχει αμφιβολία, ότι οι ίδιες τεχνολογίες μπορούν να χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση και τον έλεγχο της καλής διαβίωσης των ζώων, σε μια περιοχή, σε ένα κράτος και μια μέρα, ακόμη και σε παγκόσμιο επίπεδο. Για παράδειγμα, ο αμερικάνικος νόμος περί ευζωίας των ζώων που ονομάζεται νόμος «*Είκοσι οκτώ ωρών*», που ρυθμίζει το νόμιμο μέγιστο μήκος της διακρατικής μεταφοράς των εκτρεφόμενων ζώων για τα τρόφιμα, μπορεί εύκολα να υποστηριχθεί από «έξυπνα συστήματα» μεταφοράς σήμερα, όπου τα οχήματα συνδέονται με εφαρμογές νεφοϋπολογισμού.

Προηγμένες τεχνολογίες παρακολούθησης έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί για οικόσιτα και άγρια ζώα. Σύμφωνα με το άρθρο 4 του κανονισμού (ΕΟΚ) αριθμ. 1987 Ευρωπαϊκή Σύμβαση για την προστασία των ζώων συντροφιάς, οι ιδιοκτήτες κατοικίδιων ζώων πρέπει να παρέχουν στα οικόσιτα ζώα επαρκή τροφή, νερό, και άσκηση. Σήμερα, το τελευταίο μπορεί εύκολα να παρακολουθείται με GPS και κυτταρικό ιχνηλάτη ιχθύων με βάση το δίκτυο. Επιπλέον, ένας νέος κλάδος της επιστήμης των υπολογιστών, που ονομάζεται Animal-Computer Interaction (ACI) (Αλληλεπίδραση Ζώου-Υπολογιστή), έχει εξελιχθεί, με επίκεντρο τη βελτίωση της ανθρώπινης ζωής, που συνδέεται άμεσα με την καλή διαβίωση των ζώων.

Για τα άγρια ζώα, από την άλλη πλευρά, δίνεται έμφαση στην παρακολούθηση των περιβαλλοντικών αλλαγών που οδηγούν στην αλλαγή της συμπεριφοράς συγκεκριμένων ειδών. Οι «έξυπνες» τεχνολογίες, μπορούν επίσης να κάνουν καλύτερη τη συνύπαρξη ανθρώπων και άγριων ζώων, είτε μέσω της πρόληψης ατυχημάτων που μπορεί να προκληθούν ακόμα και από τη διέλευση οχημάτων σε δρόμους όπου κατοικούν άγρια ζώα ή ακόμα περισσότερο μέσω της πρόληψης της παράνομης θήρας απειλούμενων ειδών. Μόνο μέσω των σύγχρονων συστημάτων νεφοϋπολογισμού, μπορεί να διεκπεραιωθεί η μετάδοση των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο δηλαδή η καταγραφή, το μοίρασμα και η ανάλυση των βιοϊατρικών δεδομένων των ζώων σε

παγκόσμιο επίπεδο (μεγάλος όγκος δεδομένων).

Υπάρχει ένα πολύ έντονο ενδιαφέρον για περαιτέρω προόδους πάνω στα έξυπνα αυτά συστήματα για την καλή διαβίωση των ζώων^[1].

1.1 Αντικείμενο της πτυχιακής εργασίας

Τα ζώα παίζουν ένα βαθύ σημαντικό και περίπλοκο ρόλο στη ζωή μας σήμερα.

Ο σκύλος για παράδειγμα, είναι σύντροφος του ανθρώπου εδώ και χιλιάδες χρόνια, και έχει φτάσει να συνεργάζεται στενά μαζί του, σε σημείο που βοηθάει σε διάφορες δύσκολες καταστάσεις για εκείνον, όπως είναι να βοηθά άτομα με ειδικές ανάγκες, να συμμετέχει σε καταστάσεις μάχης, έρευνας και διάσωσης.

Τα εκτρεφόμενα ζώα αποτελούν κρίσιμο κομμάτι για την παγκόσμια αλυσίδα προσφοράς τροφίμων. Υπάρχει ένα έντονα αυξανόμενο καταναλωτικό ενδιαφέρον για τα βιολογικά τρόφιμα και τα εκτρεφόμενα από τον άνθρωπο ζώα και κατ' επέκταση για το πώς επηρεάζεται η δική μας υγεία και οι περιβαλλοντικές συνθήκες.

Πολλά άγρια ζώα αποτελούν είδος προς εξαφάνιση από παράγοντες που προκαλούνται από τον άνθρωπο, όπως η συρρίκνωση και γενικότερα η δημιουργία δυσμενών συνθηκών για το βιότοπο τους. Αυτή η ανασκόπηση θέτει ως στόχο τη συστηματική έρευνα του υλικού που ήδη υπάρχει σχετικά με τις έξυπνες τεχνολογίες και τις τεχνολογίες αισθητήρων για την καλή διαβίωση των κατοικίδιων, των εκτρεφόμενων και των άγριων ζώων. Εμείς χρησιμοποιούμε την έννοια της ευζωίας των ζώων σε γενικούς όρους, επανεξετάζουμε τις τεχνολογίες για την εκτίμηση της, δηλαδή, αν τα ζώα είναι υγιή, χωρίς ενδείξεις πόνου και ταλαιπωρίας, όπως επίσης και το αν έχουν θετική ανταπόκριση στο δικό τους περιβάλλον. Επίσης, η έννοια του «έξυπνου υπολογιστή» και της «ανίχνευσης» χρησιμοποιούνται ευρέως, για να αναφερθούν σε συστήματα υπολογιστών και αισθητήρων που δεν είναι απομονωμένα αλλά διασυνδεδεμένα με δίκτυα επικοινωνίας και είναι σε θέση να συλλέγουν και να επεξεργάζονται και να αναλύουν δεδομένα.

Θα εξετάσουμε έξυπνες τεχνολογίες για ζώα εκτροφής, εσωτερικής και εξωτερικής κτηνοτροφίας, οικόσιτα ζώα, αλλά και ζώα της άγριας φύσης. Τα ευρήματα αυτής της ανασκόπησης αναμένονται να παρακινήσουν μελλοντική έρευνα και να συμβάλουν σε δεδομένα, πληροφορίες και στη διαχείριση της επικοινωνίας καθώς και στην πολιτική για την καλή διαβίωση των ζώων.

Η Μηχανική Μάθηση αποτελεί ίσως τον πιο ραγδαία αναπτυσσόμενο τομέα της Τεχνητής Νοημοσύνης καθώς τα τελευταία χρόνια, έχει προσφέρει πληθώρα μεθόδων με πολύ καλά έως και εντυπωσιακά αποτελέσματα σε όλες σχεδόν τις εφαρμογές που απαιτούν ευφυΐα.

1.2 Δομή & Μεθοδολογία

Αρχικά στο κεφάλαιο 1 με τίτλο «Μηχανική Μάθηση (Machine Learning)» γίνεται μια αναφορά στο πως αυτή ορίζεται και στα είδη που διακρίνεται.

Στη συνέχεια ακολουθούν το κεφάλαιο 2 με τίτλο «Ζώα Εκτροφής και Τεχνολογίες» και το κεφάλαιο 3 με τίτλο «Συστήματα και Συσκευές Μηχανικής Μάθησης», στα οποία ασχολούμαστε με την κατηγοριοποίηση συσκευών τεχνολογίας για ζώα, όπου αναφέρονται και πολλά παραδείγματα συσκευών, καθώς και οι αισθητήρες που αυτές περιλαμβάνουν, εξηγώντας τη λειτουργία και τη χρησιμότητα τους.

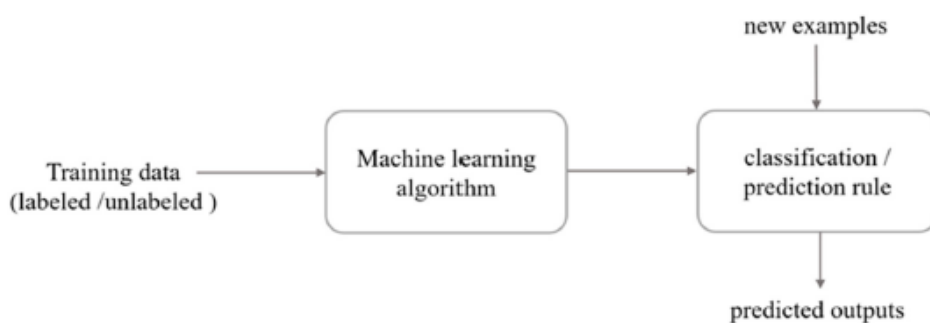
Τέλος, το κεφάλαιο 4 αποτελεί το «ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ», όπου έγινε υλοποίηση σε πραγματικό σύστημα παρακολούθησης εκτρεφόμενων ζώων, χωρισμένο σε δύο στάδια, στα οποία

Συσκευές Συμπεριφοράς Ζώων & Μηχανική Μάθηση

περιγράφεται αναλυτικά η διαδικασία και η λειτουργία της διεργασίας όπως επίσης και η ανάλυση των δεδομένων που διεξάχθηκαν.

2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : Μηχανική Μάθηση (Machine Learning)

Συνήθως, οι μεθοδολογίες μηχανικής μάθησης περιλαμβάνουν μια διαδικασία με στόχο να μάθουν από την «εμπειρία» (εκπαιδευτικά δεδομένα που συλλέγονται) για την εκτέλεση μιας εργασίας. Τα δεδομένα αποτελούνται από ένα σύνολο παραδειγμάτων. Συνήθως, ένα μεμονωμένο παράδειγμα περιγράφεται από ένα σύνολο χαρακτηριστικών, γνωστά ως χαρακτηριστικά ή μεταβλητές. Ένα χαρακτηριστικό μπορεί να είναι συμβολικό (απαρίθμηση), δυαδικό (π.χ. 0 ή 1), κανονικό (π.χ. A+ ή B-) ή αριθμητικό (ακέραιος, πραγματικός αριθμός κ.λπ.). Για τον υπολογισμό της απόδοσης των μοντέλων αυτών και των αλγορίθμων, χρησιμοποιούνται διάφορα στατιστικά και μαθηματικά μοντέλα. Μετά το τέλος της μαθησιακής διαδικασίας, το εκπαιδευμένο μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ταξινόμηση, πρόβλεψη ή ομαδοποίηση νέων παραδειγμάτων (δοκιμαστικά δεδομένα) χρησιμοποιώντας την εμπειρία που αποκτήθηκε κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Το Σχήμα 1 δείχνει μια τυπική προσέγγιση μηχανικής μάθησης:



Εικ. 1 Τυπική Προσέγγιση Μηχανικής Μάθησης

Τα είδη μηχανικής μάθησης ταξινομούνται συνήθως σε διαφορετικές ευρείες κατηγορίες ανάλογα με τον τύπο μάθησης (υπό επίβλεψη / χωρίς επίβλεψη), μοντέλα μάθησης (ταξινόμηση, παλινδρόμηση, ομαδοποίηση και μείωση διαστάσεων) ή τα μοντέλα μάθησης που χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση της επιλεγμένης εργασίας.

2.1 Είδη Μηχανικής Μάθησης

Τα είδη μηχανικής μάθησης ταξινομούνται σε δύο κύριες κατηγορίες, την (α) υπό παρακολούθηση και τη (β) χωρίς παρακολούθηση μάθηση, ανάλογα με το σήμα εκμάθησης του εκπαιδευτικού συστήματος.

(α) Στο υπό παρακολούθηση περιβάλλον τα δεδομένα παρουσιάζονται με παραδείγματα εισόδων και τις αντίστοιχες εξόδους, και ο στόχος είναι να κατασκευαστεί ένας γενικός κανόνας που χαρτογραφεί τις εισόδους στις εξόδους. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι εισοδοί μπορούν να είναι μόνο εν μέρει διαθέσιμες, με ορισμένες από τις εξόδους - στόχους να λείπουν ή να δίνονται μόνο ως ανατροφοδότηση για τις ενέργειες σε ένα δυναμικό περιβάλλον (ενίσχυση μάθησης).

(β) Στο χωρίς παρακολούθηση περιβάλλον, η αποκτηθείσα εμπειρογνωμοσύνη (εκπαιδευμένο μοντέλο) χρησιμοποιείται για να προβλέψει τις εξόδους (ετικέτες) που λείπουν για τα δεδομένα δοκιμής. Εδώ ωστόσο, δεν υπάρχει διάκριση μεταξύ κατάρτισης και δοκιμαστικών συνόλων με τα δεδομένα να μην επισημαίνονται. Γίνεται επεξεργασία των δεδομένων εισόδου με στόχο την ανακάλυψη κρυφών μοτίβων

2.2 Ανάλυση της Μάθησης

Η μείωση διαστάσεων είναι μια ανάλυση που εκτελείται και στους δύο τύπους μάθησης, με επίβλεψη και χωρίς επίβλεψη, με σκοπό την παροχή μιας πιο χαμηλής διάστασης αναπαράστασης ενός συνόλου δεδομένων για τη διατήρηση όσο το δυνατόν περισσότερων πληροφοριών από τα αρχικά δεδομένα. Μερικοί από τους πιο συνηθισμένους αλγόριθμους μείωσης διαστάσεων είναι οι εξής: (i) η ανάλυση κύριων δομικών στοιχείων (ii) η μερική παλινδρόμηση ελαχίστων τετραγώνων και (iii) η γραμμική ανάλυση της διάκρισης.

2.3 Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα

Τα τεχνητά νευρωνικά δίκτυα (Artificial Neural Networks - ANN) χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: (α) Τα «Παραδοσιακά τεχνητά νευρωνικά δίκτυα» και (β) τα «Βαθιά τεχνητά νευρωνικά δίκτυα». Τα δίκτυα αυτά είναι εμπνευσμένα από τη λειτουργικότητα του ανθρώπινου εγκεφάλου. Μιμούνται πολύπλοκες λειτουργίες, όπως τη δημιουργία προτύπων, τη γνώση, τη μάθηση και τη λήψη αποφάσεων. Ο ανθρώπινος εγκέφαλος αποτελείται από δισεκατομμύρια νευρώνες που αλληλοεπιδρούν και επεξεργάζονται κάθε πληροφορία που παρέχεται. Ομοίως, ένα τεχνητό νευρωνικό δίκτυο ως απλοποιημένο μοντέλο της δομής του βιολογικού νευρικού δικτύου, αποτελείται από διασυνδεδεμένες μονάδες επεξεργασίας οργανωμένες σε μια συγκεκριμένη τοπολογία. Ένας αριθμός κόμβων είναι διατεταγμένοι σε πολλαπλά επίπεδα, συμπεριλαμβανομένων των εξής: (α) ένα επίπεδο εισόδου όπου τα δεδομένα τροφοδοτούνται στο σύστημα, (β) ένα ή περισσότερα «κρυμμένα» επίπεδα όπου γίνεται η μάθηση, και (γ) ένα επίπεδο εξόδου όπου δίνεται η απόφαση / πρόβλεψη.

Οι αλγόριθμοι εκμάθησης που χρησιμοποιούνται συνήθως, περιλαμβάνουν δίκτυα λειτουργίας ακτινικής βάσης, αλγόριθμους perceptron (ο νευρώνας perceptron είναι ένα είδος τεχνητού νευρωνικού δικτύου που μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένα απλό είδος ενός εμπροσθοτροφοδοτούμενου νευρωνικού δικτύου: ένας γραμμικός ταξινομητής) και ανθεκτική παλινδρόμηση [2].

Τα βαθιά τεχνητά νευρωνικά δίκτυα είναι ένας σχετικά νέος τομέας έρευνας μηχανικής μάθησης που επιτρέπει σε υπολογιστικά μοντέλα που αποτελούνται από πολλαπλά επίπεδα επεξεργασίας, να μαθαίνουν πολύπλοκες αναπαραστάσεις δεδομένων χρησιμοποιώντας πολλαπλά επίπεδα αφαίρεσης. Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματά τους είναι ότι σε ορισμένες περιπτώσεις, το βήμα της εξαγωγής χαρακτηριστικών πραγματοποιείται από το ίδιο το μοντέλο. Τα μοντέλα αυτά έχουν βελτιώσει δραματικά την τελευταία λέξη της τεχνολογίας σε πολλούς διαφορετικούς τομείς και βιομηχανίες, συμπεριλαμβανομένης της γεωργίας. Τα βαθιά τεχνητά νευρωνικά δίκτυα είναι απλώς τεχνητά νευρωνικά δίκτυα με πολλαπλά κρυμμένα στρώματα μεταξύ των επιπέδων εισόδου και εξόδου και μπορούν είτε να επιβλέπονται, μερικώς εποπτευόμενα ή ακόμη και χωρίς επίβλεψη. Παράδειγμα τέτοιων δικτύων αναφέρεται παρακάτω[3]:

2.3.1 Deep neural nets

Τύπος ζώου που εφαρμόζεται η τεχνολογία: Ζώα της άγριας φύσης

Λειτουργία: Είναι μια τεχνολογία η οποία έχει τη δυνατότητα να αναγνωρίζει, να μετρά και να περιγράφει τα άγρια ζώα στους φυσικούς τους βιοτόπους. Είναι ένα είδος υπολογιστικής νοημοσύνης το οποίο σε γενικές γραμμές εμπνέεται από το πώς οι εγκεφαλοι των ζώων βλέπουν και κατανοούν τον κόσμο. Για να λειτουργούν σωστά απαιτούνται μεγάλοι όγκοι εκπαιδευτικών δεδομένων, και τα δεδομένα πρέπει να ορίζονται με ακρίβεια (πχ κάθε εικόνα να συνοδεύεται από τον σωστό προσδιορισμό του ζώου που απεικονίζει, τον αριθμό τους κλπ).

Χρησιμότητα: Μας μεταφέρει δεδομένα, μέσω των οποίων καταλαβαίνουμε πως τα ζώα της άγριας φύσης βλέπουν και κατανοούν τον κόσμο.

3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο : Πρωτόκολλα και Τεχνολογίες

3.1 Πρωτόκολλα και Τεχνολογίες για ζώα εκτροφής

Η δυνατότητα ταχείας, ακριβούς και αξιόπιστης ανίχνευσης της παρουσίας ή της απουσίας βιοδεικτών ή συγκεκριμένων χημικών ουσιών, μπορεί να είναι ζήτημα ζωής ή θανάτου των εκτρεφόμενων ζώων. Η παρακολούθηση της ποσότητας της γλυκόζης, των πρωτεϊνών και των ενζύμων στην κυκλοφορία του αίματος, οι δοκιμές για την ύπαρξη βλαβερών ενώσεων, όπως μέταλλα ή κατάλοιπα αντιβιοτικών σε ζώα, γενικά η έγκαιρη προειδοποίηση για τους βιολογικούς και χημικούς παράγοντες στον τομέα της υγείας των ζώων κτηνοτροφίας, απαιτούν ευαίσθητες και αξιόπιστες συσκευές ανίχνευσης. Η βιονανοτεχνολογία και η μικροηλεκτρονική, κατέστησαν δυνατή την κατασκευή τρανζίστορ μικρότερων από 100 nm, που ενσωματώνουν αρκετές εκατοντάδες από αυτές τις λειτουργίες σε ένα λειτουργικό κύκλωμα μέσα σε ένα μικρό τσιπ. Σε ολόκληρη τη χώρα, οι αγρότες κατασκευάζουν πραγματικά συνδεδεμένα δίκτυα ζώων, όπως αγελάδων, χοίρων και κοτόπουλων. Χρησιμοποιώντας μικρόφωνα, επιταχυνσιόμετρα, GPS έως και αισθητήρες θερμοκρασίας, γλυκόζης και αγωγιμότητας του δέρματος, οι αγρότες μπορούν πλέον να παρακολουθούν τα κοπάδια τους με το πάτημα ενός κουμπιού. Πάνω από δεκαετίες γεωργικής εκβιομηχάνισης, η τεχνολογία επέτρεψε στους αγρότες να συγκεντρώνουν μαζί χιλιάδες ζώα, αυξάνοντας την κλίμακα και την κερδοφορία. Ακόμη και όταν η παγκόσμια ζήτηση για ζωικά προϊόντα αυξάνεται (έως και 40% τα επόμενα 15 χρόνια), ο αριθμός των αγροτών που εκτρέφουν ζώα συνεχίζει να μειώνεται. Με τα 9 δισεκατομμύρια στόματα που πρέπει να τροφοδοτούνται μέχρι το 2050, η βιομηχανική AG είναι εδώ για να μείνει, μαζί με τις κάμερες, τα μικρόφωνα και τους αισθητήρες του σώματος που θα χρησιμεύσουν ως τα μάτια και τα αυτιά του αγρότη. Οι φορητές συσκευές για τα ζώα έρχονται σε λίγα σχήματα και μεγέθη, από βραχιόλια των αστραγάλων έως και ζώνες στην κοιλιά μέχρι και τα αυτιά. Ωστόσο, όλοι προσπαθούν να λύσουν το ίδιο πρόβλημα: Πώς να διατηρηθούν τα ζώα υγιή σε μεγάλες ποσότητες ζωικού κεφαλαίου. Ο υπερπληθυσμός και οι ανθυγιεινές συνθήκες αυξάνουν τις πιθανότητες τα ζώα να αρρωστήσουν ή να τραυματιστούν. Η σημερινή τεχνολογία μπορεί να βοηθήσει τους αγρότες να παρεμβαίνουν νωρίτερα, να παρέχουν πιο στοχευμένη φροντίδα ή ακόμη και να παρακινούν την πιο υγιεινή συμπεριφορά από την αρχή. Υγιέστερα ζώα παράγουν περισσότερα αυγά, γάλα ή στιδήποτε άλλο.

Σε αντίθεση με τα οικόσιτα, οι συνήθειες και οι τρόποι συμπεριφοράς των ζώων εκτροφής μελετώνται και διαχειρίζονται ως ομάδα. Τα συγκεκριμένα ζώα εκτρέφονται κυρίως για εμπορική χρήση των προϊόντων τους: αυγά, γαλακτοκομικά προϊόντα, κρέας, δέρμα, κ.λπ. Σε αυτήν την ενότητα εξετάζουμε έξυπνες τεχνολογίες για τα εκτρεφόμενα ζώα ως ομάδα, εστιάζοντας σε εφαρμογές βασισμένες στις αγελάδες, τους χοίρους, τα κοτόπουλα, τα κουνέλια και τα πρόβατα^[4].

Τα ζώα εκτροφής χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, (α) σε αυτά που τρέφονται αποκλειστικά από το χέρι του ανθρώπου και (β) σε αυτά που τρέφονται ελεύθερα στη φύση.

3.1.1 Ζώα που τρέφονται από χέρι ανθρώπου

Χαρακτηρίζονται τα ζώα εντατικής εκτροφής, που ταΐζονται αποκλειστικά από χέρι ανθρώπου και κυρίως ζουν σε κλειστούς χώρους βιομηχανικού τύπου. Μερικές από τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω:

3.1.1.1 *Πρωτόκολλο WSN και MANET(TinyOS)*

Τύπος ζώου που εφαρμόζεται η τεχνολογία: Χοίροι

Τοποθέτηση: Η συσκευή που υποστηρίζει WSN και MANET τοποθετείται στο χώρο εκτροφής τους

Λειτουργία: Ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων (WSN) και ένα κινητό δίκτυο adhoc (MANET) Motes (συμπεριλαμβανομένων των αισθητήρων) επικοινωνούν ασύρματα και τα δεδομένα υποβάλλονται συνήθως σε επεξεργασία στον server.

Χρησιμότητα: Ανάλυση δεδομένων για τη συλλογή και επεξεργασία πληροφοριών για τη διαδικασία αναπαραγωγής χοίρων

3.1.1.2 *Ετικέτες Αναγνώρισης Ραδιοσυχνοτήτων (radio frequency identification tags)* *[6]*

Τύπος ζώου που εφαρμόζεται η τεχνολογία: Πτηνά / Πουλερικά

Αισθητήρες:

- Ανιχνευτές Κίνησης και συμπεριφοράς
- Ανιχνευτές θερμοκρασίας

Τοποθέτηση: Chip που τοποθετείται γύρω από τον αστράγαλο του πτηνού

Λειτουργία: Τα πτηνά περνούν μπροστά από μια κεραία, γίνεται αναγνώριση του chip που έχει τοποθετηθεί σε αυτά και γίνεται συλλογή δεδομένων της καθημερινής τους δραστηριότητας.

Χρησιμότητα: Για τραυματισμένα πτηνά, είναι εφικτό να βγουν συμπεράσματα για το πώς τα τραύματα επηρεάζουν τα επίπεδα δραστηριότητας τους, ώστε με τέτοια συνεπή πρότυπα συμπεριφοράς, οι αγρότες να κατανοούν σημάδια ασθένειας ή τραυματισμού με βάση τα μοτίβα κινήσεων ή τη θερμοκρασία του σώματος. Έτσι μπορούν να χειρίζονται τα ζώα έγκαιρα και να προσφέρουν μια πιο στοχευμένη φροντίδα.

3.1.2 Ζώα που εκτρέφονται στη φύση

Χαρακτηρίζονται τα ζώα που βόσκουν ελεύθερα στα χωράφια εκφράζοντας τη φυσική τους συμπεριφορά. Έχει διαπιστωθεί πως η παραγωγικότητα των ζώων που βόσκουν ελεύθερα στα χωράφια εκφράζοντας τη φυσική τους συμπεριφορά και απολαμβάνοντας τη ζωή, είναι υψηλότερη εκείνης των ζώων εντατικής εκτροφής που ζουν σε κλειστούς χώρους βιομηχανικού τύπου, αποκομμένα από τη φύση, υπό συνθήκες μόνιμου στρες. Φυσικά, είτε ζουν σε εσωτερικούς χώρους, είτε σε εξωτερικούς, τα ζώα εκτροφής ευημερούν ή όχι ανάλογα με το πόσο καλύπτονται

οι σωματικές τους ανάγκες[5]. Μερικές από τις συσκευές που χρησιμοποιούνται παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω:

3.1.2.1 *Πρωτόκολλο Zigbee [7]*

Τύπος ζώου που εφαρμόζεται η τεχνολογία: Αγελάδες / Λαγοί

Τοποθέτηση: Η συσκευή η οποία υποστηρίζει το πρωτόκολλο τοποθετείται στο λαιμό ή στο κλουβί του ζώου.

Λειτουργία: Είναι ένα κολάρο που περιλαμβάνει μια κεραία , έναν δρομολογητή αναμετάδοσης και σταθμό βάσης ασύρματων αισθητήρων. Ουσιαστικά είναι ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων που συλλέγει πληροφορίες σχετικά με την θερμοκρασία του σώματος ή τη θερμοκρασία μέσα στο κλουβί.

Χρησιμότητα:

- Αποθανατίζει στιγμές της καθημερινότητας του ζώου σας με λήψεις που είναι αδύνατον να τραβηχτούν από τον άνθρωπο.
- Υπολογίζει την θερμότητα του ζώου
- Ανάλογα με την κίνηση του κεφαλιού του ζώου , καταλαβαίνει την διάθεση του.

3.1.2.2 *Ετικέτα Αυτιού (Συσκευές Νοοτροπίας Κοπαδιών) [8]*

Τύπος ζώου που εφαρμόζεται η τεχνολογία: Ζώα Βοσκής

Αισθητήρες:

- Ανιχνευτές Κίνησης και συμπεριφοράς
- Ανιχνευτές θερμοκρασίας
- GPS

Τοποθέτηση: Η Ετικέτα τοποθετείται στο αυτί του ζώου

Λειτουργία: Μεταφέρει δεδομένα της κάθε τοποθεσίας, της θερμοκρασίας του σώματος και του μικροκλίματος στους αντίστοιχους χρήστες Η/Υ ή στα smartphones τους.

Χρησιμότητα: Συσχετίζοντας πόσο κάθε ζώο τρώει, πίνει και περιφέρεται με απόδοση και τιμές, επιτρέπει στους αγρότες να υιοθετούν μια πιο ακριβή προσέγγιση στις στρατηγικές βόσκησης.

3.2 Εφαρμογές και Τεχνολογίες Παρακολούθησης Κατοικίδιου

Οι τεχνολογίες αυτές ικανοποιούν τις ανάγκες όλων όσων ψάχνουν φορητές συσκευές για οικόσιτα για να κρατήσουν τους αγαπημένους τους φίλους ασφαλείς. Η γάτα ή ο σκύλος μπορεί τώρα να εξοπλιστεί με: κολάρα παρακολούθησης γυμναστικής, GPS trackers, ιχνηλάτες δραστηριότητας κατοικίδιων ζώων, άλλες μορφές έξυπνων περιλαίμιων. Η βιομηχανία της τεχνολογίας φορητών συσκευών κατοικίδιων μπορεί να κατηγοριοποιηθεί με βάση την τεχνολογία ή την εφαρμογή.

3.2.1 Τμήματα Παρακολούθησης Οικόσιτου

Σε αυτή την κατηγορία θα μελετήσουμε συσκευές που επικεντρώνονται στα παρακάτω τμήματα με βάση τη λειτουργία τους:

A) Επικοινωνία ανθρώπου-ζώου

Η ανθρώπινη περιέργεια για την επικοινωνία με το ζώο του, κυρίως σκύλους και γάτες, είναι ίσως τόσο παλιά όσο η ιστορία των οικόσιτων ζώων. Η σημερινή τεχνολογία το κάνει εφικτό και το ονομάζει *Animal Computer Interface (ACI)*. Το ACI επικεντρώνεται σε περιβάλλον διέγερσης για τα οικόσιτα ζώα, όπως το παιχνίδι θεωρείται ως ένα από τις πιο φυσικές και εγγενείς συμπεριφορές των ζώων. Επιπλέον, ψηφιακά παιχνίδια προτάθηκαν για γάτες σε ένα εικονικό περιβάλλον που αναπτύσσει κινητικούς αισθητήρες σε εσωτερικούς χώρους.

Ένα πρωτότυπο για την επικοινωνία ανθρώπου-σκύλου βασίζεται σε smartphone που συνδέεται με το σκύλο, συμπεριλαμβανομένων όλων των αισθήσεων όπως η μυρωδιά, η ακοή, η επαφή, κραδασμών και δοκιμών τροφίμων. Διαπιστώθηκε ότι ακόμη και ένα απλό GPS ενεργοποιημένο σε κολάρο μπορεί να βελτιώσει την αλληλεπίδραση ανθρώπου-ζώου.

B) Παρακολούθηση συμπεριφοράς και υγείας των ζώων

Έχουν διεξαχθεί σημαντικές έρευνες για να κατανοηθεί καλύτερα η συμπεριφορά των οικόσιτων ζώων σε φυσικό περιβάλλον και το φαγητό τους και τα πρότυπα ύπνου, και όλα αυτά μέσω ενός ασύρματου συστήματος, το οποίο θα αναλυθεί παρακάτω. Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί αλγόριθμους μηχανικής μάθησης για την ερμηνεία των συνηθειών π.χ. ενός σκύλου, όπως το να κάθεται, να στέκεται, να ξαπλώνει, να στέκεται στα δύο πόδια και να τρώει από το έδαφος, καθώς και δυναμικές δραστηριότητες, όπως περπάτημα, ανέβασμα σε σκάλες και περπάτημα κάτω από μια ράμπα.

Γ) Σκύλοι υπηρεσίας

Είναι τα οικόσιτα αυτά τα οποία βοηθούν ανθρώπους με ειδικές ανάγκες ή με χρόνιες παθήσεις. (πχ τύφλωση, διαβήτης, ανάπηροι, επιληψία κ.α.). Αυτή η υπηρεσία που προσφέρουν τα σκυλιά επιτυγχάνεται μέσω μιας συσκευής η οποία βασίζεται σε ένα σύστημα πυροδότησης που λειτουργεί σαν ένας συνδυασμός συναγερμού-αισθητήρα.

Μερικές από τις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω:

3.2.1.1 Εφαρμογή *Oggi* [9] - *PetDialog* [10]

Τύπος ζώου που εφαρμόζεται η τεχνολογία: Σκύλοι

Αισθητήρες:

Ανιχνευτές Κίνησης και συμπεριφοράς

Τοποθέτηση: Η συσκευή Oggi τοποθετείται πάνω στο κολάρο του ζώου και συνδέεται με την εφαρμογή PetDialog που είναι διαθέσιμη σε κάθε appstore όλων των smartphones.

Λειτουργία: Αφού η εφαρμογή συνδεθεί σε κάποιο ασύρματο δίκτυο, επιτρέπει στους χρήστες να παρακολουθούν την άσκηση, τη διατροφική πρόσληψη, την κοινωνικοποίηση και άλλες δραστηριότητες με τη βοήθεια ενός ενσωματωμένου ημερολογίου που στέλνει προειδοποιήσεις για την καθημερινή φροντίδα του ζώου, όπως τα εμβόλια. Περιλαμβάνει επίσης ένα κτηνιατρικό σύστημα ευεξίας, το Canine (που υποστηρίζεται από την Oggi). Μέσω αλγορίθμων, εντοπίζονται ασθένειες, συμπτώματα και το πόσο σοβαρά είναι. Αξιολογείται επίσης η αποτελεσματικότητα της θεραπείας μέσω αποτελεσμάτων που οι κτηνίατροι λαμβάνουν από την εφαρμογή.

Χρησιμότητα: Η νέα ανάπτυξη ψηφιακών συστημάτων, διευκολύνει τη διαχείριση της υγείας των ζώων. Οι εφαρμογές σε smartphones, μπορούν να παρακολουθήσουν και να στείλουν τη συμπεριφορά των ζώων σε κτηνιάτρους για ταχύτερη και ακριβέστερη ιατρική βοήθεια. Αυτά τα εργαλεία επιτρέπουν στους ερευνητές να παρακολουθούν τη συμπεριφορά του σκύλου και την ποιότητα ζωής του κατά τη διάρκεια της μελέτης.

3.2.1.2 Συσκευή Ελέγχου θερμοκρασίας[11]

Τύπος ζώου που εφαρμόζεται η τεχνολογία: Οικόσιτα

Αισθητήρες:

Ανιχνευτές Θερμοκρασίας

Τοποθέτηση: Η συσκευή τοποθετείται στο κολάρο του ζώου, αρκεί να έχει επαφή με το σώμα του.

Λειτουργία: Είναι αισθητήρες θερμοκρασίας, που παρακολουθούν τα πολλαπλά βιομετρικά δεδομένα, που σχετίζονται με την υγεία του ζώου κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων. Οι αισθητήρες συλλέγουν συνεχώς πληροφορίες σχετικά με τα ζωτικά σήματα του κατοικίδιου ζώου σας και αναλύουν τα δεδομένα που συλλέγονται.

Χρησιμότητα: Προειδοποιούν με τα πρώτα σημάδια κάθε προβλήματος. Χρησιμοποιώντας το smartphone, μπορεί να ελεγχθεί η ευημερία και η δραστηριότητα του κατοικίδιου ζώου ανά πάσα στιγμή.

3.2.1.3 **Τεχνολογία GPS για τον εντοπισμό θέσης[12]**

Τύπος ζώου που εφαρμόζεται η τεχνολογία: Οικόσιτα (κυρίως σε σκύλους και γάτες)

Αισθητήρες:

Σύστημα εντοπισμού γεωγραφικής θέσης, ακίνητου ή κινούμενου χρήστη

Τοποθέτηση: Το GPS τοποθετείται οπουδήποτε πάνω στο ζώο

Λειτουργία: Εντοπισμός Θέσης

Χρησιμότητα: Χρησιμοποιείται για να μπορούμε να εντοπίσουμε ανά πάσα ώρα που βρίσκεται το κατοικίδιό μας, π.χ. αν η γάτα μας είναι στη γειτονιά ή αν ο σκύλος μας έχει πάει να δραπετεύσει από την αυλή.

3.2.1.4 **Συσκευή Τεχνολογίας RFID[13]**

Τύπος ζώου που εφαρμόζεται η τεχνολογία: Οικόσιτα (κυρίως σε σκύλους και γάτες)

Αισθητήρες:

Είναι ένας τύπος παθητικού ολοκληρωμένου αναμεταδότη ή PIT

Τοποθέτηση: Είναι ένα μικροτσίπ που εμφυτεύεται κάτω από το δέρμα του κατοικίδιου ζώου. Εμφυτεύεται από τον κτηνίατρο με μια απλή ένεση κάτω από το δέρμα.

Λειτουργία: Περιλαμβάνουν μικροσκοπικά chips με κεραίες (tags), τα οποία τους επιτρέπουν να λαμβάνουν σήματα και να ανταποκρίνονται σε ραδιοσυχνότητες, οι οποίες εκπέμπονται από ένα RFID πομποδέκτη. Περιέχει ποικιλία πληροφοριών. Μπορεί να παρακολουθήσει για παράδειγμα, τα ακόλουθα δεδομένα: τις ανοσοποιήσεις του κατοικίδιου ζώου σας, το γενεαλογικό δέντρο, όνομα και πληροφορίες επικοινωνίας με εσάς.

Χρησιμότητα: Χρησιμοποιείται για να μπορούμε να εντοπίσουμε ανά πάσα ώρα που βρίσκεται το κατοικίδιό μας, π.χ. αν η γάτα μας είναι στη γειτονιά ή αν ο σκύλος μας έχει πάει να δραπετεύσει από την αυλή

3.2.1.5 **Περιλαίμια αντιγαβγίσματος[14]**

Τύπος ζώου που εφαρμόζεται η τεχνολογία: Σκύλοι

Αισθητήρες:

Ανιχνευτές Κίνησης και συμπεριφοράς

Αναλυτές ήχου

Τοποθέτηση: Είναι κολάρο το οποίο τοποθετείται γύρω από το λαιμό

Λειτουργία: Τα περιλαίμια αυτά, δρουν ανιχνεύοντας τη δόνηση στο λαιμό του σκύλου σας ή τον ήχο του γαβγίσματος και στη συνέχεια ενεργοποιεί ένα αποτρεπτικό ερέθισμα. Το αποτρεπτικό ερέθισμα μπορεί να είναι οτιδήποτε, από ένα ήπιο ηλεκτρικό σοκ μέχρι ένα θόρυβο που ενοχλεί το σκυλί σας, ή ακόμα και το άρωμα citronella (αιθέριο έλαιο λεμονόχορτου). Καμία από αυτές τις αυτόματες αντιδράσεις δε θα βλάψει το σκυλί σας, αλλά θα το αποθαρρύνουν από το να συνεχίσει το ασταμάτητο γάβγισμα.

Χρησιμότητα: Είναι ένα δημοφιλές παράδειγμα έξυπνων περιλαίμων που βοηθούν στην παρακολούθηση και την τροποποίηση της συμπεριφοράς των σκύλων. Εάν ο σκύλος σας γαβγίζει αδιάκοπα όταν τον αφήνετε σπίτι και οι γείτονές σας παραπονιούνται, ένα τέτοιο κολάρο μπορεί να είναι η καλύτερη απάντηση για την τροποποίηση της προβληματικής συμπεριφοράς.

4 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο : Συστήματα και Συσκευές Μηχανικής Μάθησης

Το πεδίο της μηχανικής μάθησης παρέχει μεθοδολογίες που είναι ιδανικές για το έργο της εξάσκησης της γνώσης από αυτά τα δεδομένα. Σε αυτήν την ανασκόπηση, στοχεύουμε να εισαγάγουμε συμπεριφορές των ζώων που δεν είναι εξοικειωμένες με τη μηχανική μάθηση στην υπόσχεση αυτών των τεχνικών για την ανάλυση πολύπλοκων δεδομένων συμπεριφοράς. Ξεκινάμε περιγράφοντας το σκεπτικό πίσω από την μηχανική μάθηση και επανεξετάζουμε ορισμένες μελέτες συμπεριφοράς των ζώων όπου αυτή έχει αναπτυχθεί με επιτυχία. Στη συνέχεια αναφέρονται εφαρμογές μηχανικής μάθησης, χωρίς επίβλεψη και υπό επίβλεψη, δηλαδή βάσεις δεδομένων, συσκευές με αισθητήρες και συσκευές απλής παρακολούθησης ζώου.

4.1 Συστήματα

4.1.1 Σύστημα Cainthus[15]

Τύπος ζώου που εφαρμόζεται η τεχνολογία: Αγελάδες

Λειτουργία: Το έξυπνο σύστημα φωτογραφικών μηχανών, συλλέγει δεδομένα-βίντεο τα οποία χρησιμοποιεί για να αξιολογήσει τη συμπεριφορά των ζώων και τις περιβαλλοντικές αλλαγές που μπορούν να επηρεάσουν την παραγωγή. Επικεντρώνεται στη χρήση της τεχνητής νοημοσύνης και της ανάλυσης εικόνας για την παρακολούθηση της υγείας και της ευημερίας των ζώων. Το σύστημα αυτό καταγράφει τις ποσότητες τροφής και νερού που καταναλώνει το κάθε ζώο, αλλά και το επίπεδο θερμότητας στο οποίο βρίσκεται. Μέσω εύχρηστου λογισμικού, αποστέλλονται καθημερινές ειδοποιήσεις στα smartphones των εκτροφέων και δίνουν αναλυτικές πληροφορίες, ενημερώνοντάς τους για τις ενέργειες που πρέπει να γίνουν για τη βελτίωση και παραγωγή γάλακτος και την ευζωία των ζώων.

Χρησιμότητα: Ανίχνευση της συμπεριφοράς σε μεμονωμένα ζώα για να παρακολουθείται η υγεία τους και να ειδοποιούνται οι κτηνοτρόφοι, όταν απαιτείται κάποια ενέργεια από τη μεριά τους. Υπάρχουν βασικοί δείκτες απόδοσης των αγροτικών και γαλακτοκομικών προϊόντων, επιτρέποντάς την απόκτηση ζωτικών και ενεργητικών γνώσεων για τη βελτίωση της συνολικής κερδοφορίας και της παραγωγικότητας της φάρμας

4.1.2 Εφαρμογή AWIN [16]

Τύπος ζώου που εφαρμόζεται η τεχνολογία: Εκτατικά Ζώα (Πρόβατα / Αίγες)

Λειτουργία: Για τη λειτουργία της εφαρμογής έχει δημιουργηθεί μια διεθνής βάση δεδομένων που βασίζεται σ' ένα πλήθος στοιχείων που συλλέχθηκαν κατά την υλοποίηση των πιλοτικών εφαρμογών. Για να χρησιμοποιήσει κάποιος την εφαρμογή ώστε να λάβει την αξιολόγηση σχετικά με τα ζώα του, πρέπει να καταχωρήσει στοιχεία για την εκμετάλλευσή του, όπως είναι ο αριθμός των ζώων του, η περιοχή στην οποία βρίσκεται η εκμετάλλευσή, το είδος της εκτροφής, τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν, αλλά και περαιτέρω στοιχεία για την κατάσταση των ζώων του. Τα στοιχεία αυτά βασίζονται και ανάγονται, σε αυτά που έχουν συλλεχθεί για κάθε νέα αξιολόγηση εκτροφής για σύγκριση και ποσοτικοποίηση.

Χρησιμότητα: Οι κτηνοτρόφοι έχουν τη δυνατότητα να ελέγξουν το βαθμό ευζωίας των προβάτων και των αιγών τους, με ιδιαίτερη έμφαση στην αναγνώριση και στην εκτίμηση του επιπέδου του πόνου στα ζώα. Απευθύνεται σε οποιονδήποτε να έχει μια αξιόπιστη και αντικειμενική εκτίμηση

του επιπέδου της ευζωίας των ζώων εκτροφής του και έχει τη δυνατότητα της πρόσβασης στο διαδίκτυο και της χρήσης μια οποιασδήποτε «έξυπνης» συσκευής.

4.2 Συσκευές Μηχανικής Μάθησης με Αισθητήρες

4.2.1 *Vital Herd* [17]

Τύπος ζώου που εφαρμόζεται η τεχνολογία: Ζώα εκτροφής

Αισθητήρες:

- Ανιχνευτές θερμοκρασίας
- Αναλυτές Αναπνοής
- Ανιχνευτής στρες
- Παρακολούθηση των μεταβλητών

Τοποθέτηση: Ενσωματώνεται στις τροφές των ζώου, καταλήγοντας στο στομάχι του.

Λειτουργία: Είναι ένας ανιχνευτής όπου μεταδίδει ασύρματα διάφορες καταστάσεις από τη ζωή του ζώου. Πιο συγκεκριμένα ενώ βρίσκεται μέσα στο στομάχι, παρακολουθεί τον καρδιακό ρυθμό, τη θερμοκρασία του, το ρυθμό αναπνοής και την επίδραση του οξέος στο στομάχι .

Χρησιμότητα: Αυτό δίνει τη δυνατότητα στους κτηνοτρόφους να εντοπίζουν προβλήματα υγείας των ζώων και τα επίπεδα θερμοκρασίας του οργανισμού τους

4.2.2 *Cowlar* [18]

Τύπος ζώου που εφαρμόζεται η τεχνολογία: Αγελάδες

Αισθητήρες:

Ανιχνευτές οιστρογόνων

Τοποθέτηση: Τοποθετείται στο λαιμό του ζώου.

Λειτουργία: Το Cowlar μεταδίδει ζωντανά δεδομένα στον διαδραστικό πίνακα ελέγχου. Ο πίνακας ελέγχου εμφανίζει τις μετρήσεις θερμοκρασίας και δραστηριότητας της αγελάδας με την πάροδο του χρόνου μέσω γραφημάτων. Τα δεδομένα που αποστέλλονται από τις αγελάδες, υποβάλλονται σε πολύπλοκους αλγόριθμους βασισμένους στη μηχανική μάθηση. Κάθε φορά που το ζώο εμφανίζει συμπτώματα ασθένειας ή αυξάνεται η θερμοκρασία του σώματος της ή προκύπτει εγκυμοσύνη, εμφανίζεται ένα alert «προειδοποίησης υγείας».

Χρησιμότητα: Αυτά τα δεδομένα είναι ζωτικής σημασίας για την παρακολούθηση των ζώων ώστε να υπάρχει έγκαιρη πρόβλεψη και αντιμετώπιση ασθενειών, του στρες των ζώων και κατ' επέκταση καλύτεροι ρυθμοί παραγωγικότητας και μεγαλύτερα κέρδη.

4.2.3 «Εξυπνο» Ηλεκτρονικό Κολάρο[19]

Τύπος ζώου που εφαρμόζεται η τεχνολογία: Εκτακτικά Ζώα (Βοοειδή και Αιγοπρόβατα)

Αισθητήρες:

- GPS
- Ανιχνευτές θερμοκρασίας
- Παρακολούθηση των μεταβλητών

Τοποθέτηση: Τοποθετείται στο λαιμό του ζώου.

Λειτουργία: Το κολάρο αποθηκεύει τα δεδομένα σε μια διαδικτυακή βάση, όπου αυτά καταγράφονται και αναλύονται. Υπάρχει μια εφαρμογή που ο κτηνοτρόφος μπορεί να ανοίξει από το smartphone του. Με αυτόν τον τρόπο, ο ιδιοκτήτης του ζώου μπορεί να παρακολουθεί ανά πάσα στιγμή την τοποθεσία που βρίσκεται το ζώο και να συγκρίνει τη συμπεριφορά του σε σχέση με τα υπόλοιπα ζώα του κοπαδιού.

Χρησιμότητα: Οι κτηνοτρόφοι έχουν ως όφελος:

1)τη μείωση του λειτουργικού κόστους διαχείρισης των ζώων, 2)τη βελτίωση της ευζωίας και 3)την αύξηση της παραγωγικότητας και, επομένως, τη βελτίωση του κέρδους

4.2.4 Bee tracker [20]

Τύπος ζώου που εφαρμόζεται η τεχνολογία: Μέλισσες

Αισθητήρες:

- GPS
- Ανιχνευτές κίνησης συμπεριφοράς

Τοποθέτηση: Πάνω στη μέλισσα.

Λειτουργία: Το 2015, η εταιρεία Tumbling Dive , σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο του Newcastle, σχεδίασε έναν πολύ μικρό φορητό ανιχνευτή για τις μέλισσες και δοκιμάστηκε στους Kew Gardens του Λονδίνου. Δεδομένου ότι οι μέλισσες ζυγίζουν πολύ λίγο, η συσκευή χρησιμοποιεί ένα μικροσκοπικό πομπό RFID και ένα μίνι εναέριο πηνίο που προσκολλάται πάνω τους και λειτουργεί σε συνδυασμό με μια ειδικά σχεδιασμένη κεραία, λεπτότερη και ελαφρύτερη από άλλα μοντέλα που χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση μικρών εντόμων, με αρκετά αυξημένη εμβέλεια. Οι καταγραφές, περνάνε στους υπολογιστές με τους οποίους είναι συνδεδεμένη η συσκευή και αναλύονται.

Χρησιμότητα: Η ιδέα είναι να υπάρχουν καταγραφείς γύρω από μια κυψέλη ή ένα λουλούδι για να εντοπίζονται τα σήματα καθώς οι μέλισσες κινούνται ελεύθερα στο φυσικό περιβάλλον. Αυτό το κομμάτι του παζλ, της συμπεριφοράς των μελισσών, είναι απολύτως ζωτικής σημασίας αν θέλουμε να κατανοήσουμε καλύτερα γιατί οι μέλισσες αγωνίζονται και πώς μπορούμε να αποτρέψουμε την εξαφάνισή τους.

4.3 Συσκευές Μηχανικής Μάθησης Απλής Παρακολούθησης Κατοικίδιου

4.3.1 GoPro Fetch Dog [21]

Τύπος ζώου που εφαρμόζεται η τεχνολογία: Σκύλοι

Τοποθέτηση: Τοποθετείται είτε στην πλάτη του σκύλου, είτε κάτω από τον θώρακα του

Λειτουργία: Είναι μια κάμερα που στηρίζεται σε έναν ιμάντα για σκύλους. Η συσκευή αυτή επιτρέπει να καταγράψουμε τον κόσμο από την οπτική γωνία του σκύλου μας. Είναι πλήρως προσαρμοσμένο για να ταιριάζει σε σκύλους όλων των κιλών (από 7 έως 54 κιλά) και σωματικής διάπλασης. Τέλος, είναι ανθεκτικό στο νερό και στη λάσπη.

Χρησιμότητα: Παρακολούθησης καθημερινών δραστηριοτήτων του σκύλου σας

4.3.2 Catsacam [22]

Τύπος ζώου που εφαρμόζεται η τεχνολογία : Γάτες

Τοποθέτηση: Στο λαιμό του ζώου

Λειτουργία: Είναι μια φωτογραφική μηχανή η οποία μπορεί να φωτογραφίσει έξι φωτογραφίες ανά λεπτό και στη συνέχεια να μεταφορτώσει τις καλύτερες λήψεις στο διαδίκτυο μέσω Wi-Fi. Η κάμερα ενεργοποιείται με την κίνηση.

Χρησιμότητα: Αποθανατίζει στιγμές της καθημερινότητας του ζώου σας με λήψεις που είναι αδύνατον να τραβηχτούν από τον άνθρωπο

4.3.3 Delta Smart[23]

Τύπος ζώου που εφαρμόζεται η τεχνολογία : Σκύλο

Τοποθέτηση: Στο λαιμό του ζώου

Λειτουργία: Είναι ένα σύστημα εκπαίδευσης και εντοπισμού για σκύλους. Λειτουργεί με το Garmin Canine συμβατό με τα smartphone ή οποιαδήποτε άλλη κινητή συσκευή. Οι λειτουργίες εκπαίδευσης που διαθέτει επιτρέπουν στον καθένα μας να επιλέξουμε τον τύπο σήματος / διόρθωσης που θέλουμε για το κατοικίδιο μας.

Χρησιμότητα: Συμβάλλει στην εκπαίδευση του σκύλου μας γιατί σε συνδυασμό με τις εντολές μας, στέλνει διάφορα προειδοποιητικά σήματα.

4.3.4 Keep Away Tags [24]

Τύπος ζώου που εφαρμόζεται η τεχνολογία : Σκύλοι

Τοποθέτηση: Στο κολάρο του σκύλου

Λειτουργία: Αποτρέπουν τα οικόσιτα ζώα από την πρόσβαση σε ανεπιθύμητες περιοχές. Διαθέτει κορυφαία ανίχνευση, χρησιμοποιώντας δόνηση ή διέγερση. Με την εφαρμογή Garmin Canine για κινητά, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το smartphone μας ως απομακρυσμένο φορητό εκπαιδευτή. Όλα τα παραπάνω γίνονται πολύ γρήγορα και εύκολα, πατώντας ένα πλήκτρο στην οθόνη του τηλεφώνου και το κατοικίδιο μας θα λάβει μια ειδοποίηση δόνησης, τόνου ή διορθωτική διέγερση από το ηλεκτρονικό κολάρο.

Χρησιμότητα: Είναι μια μέθοδος ώστε να εμποδίσουμε το κατοικίδιο να πλησιάσει σε περιοχές που δεν επιθυμούμε.

5 ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: Πρακτικό Μέρος

5.1 Σκοπός

Σκοπός της διαδικασίας ήταν η ανάπτυξη ενός αλγόριθμου μηχανικής μάθησης με στόχο την αναγνώριση συμπεριφορών του ζώου. Ακολουθήσαμε μια κλασσική διαδικασία που αποτελείται από τα εξής βήματα: 1. Προεπεξεργασία δεδομένων – Ρυθμός Δειγματοληψίας (Data preprocessing), 2. Καταμερισμός (Segmentation), 3. Εξαγωγή χαρακτηριστικών (Feature Extraction), 4. Ταξινόμηση (Classification)

5.2 Συσκευή

Στη διαδικασία χρησιμοποιήθηκε μία συσκευή καταγραφής δεδομένων από μηρυκαστικά ζώα που έχει δημιουργηθεί από το τμήμα για της ανάγκες του Project.

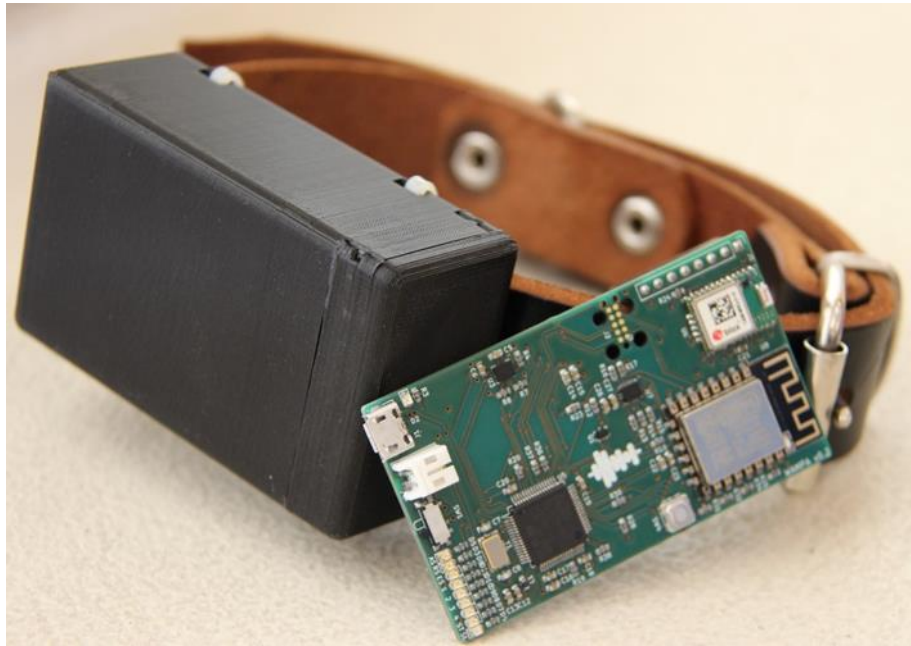
Τα βασικά χαρακτηριστικά της συσκευής είναι ότι έχει την δυνατότητα να παράγει δεδομένα επιταχυνσιόμετρου και γυροσκοπίου (συσκευή που, όταν δραστηριοποιηθεί γύρω από έναν από τους άξονές της, μπορεί να μετακινηθεί κατά οποιονδήποτε τρόπο χωρίς να αλλάξει η διεύθυνση του άξονα περιστροφής) με δειγματοληψία 100Hz, τα οποία καταγράφει σε μία κάρτα microSD μέσω ενός μικροελεγκτή.

Ο μικροελεγκτής (MCU) της συσκευής ο οποίος αποτελεί και το κεντρικό στοιχείο της, είναι ο χαμηλής κατανάλωσης μικροελεγκτής STM32L162RDT6 της εταιρίας STMicroelectronics σε συσκευασία LQFP-100. Ο συγκεκριμένος μικροελεγκτής επιλέχθηκε για την χαμηλή του κατανάλωση σε συνδυασμό με την απαραίτητη υπολογιστική ισχύ, ενώ παράλληλα διαθέτει τα αναγκαία περιφερειακά που υπέδειξαν οι ανάγκες της συσκευής για την υλοποίηση όλων των επικοινωνιών μεταξύ των εξαρτημάτων.

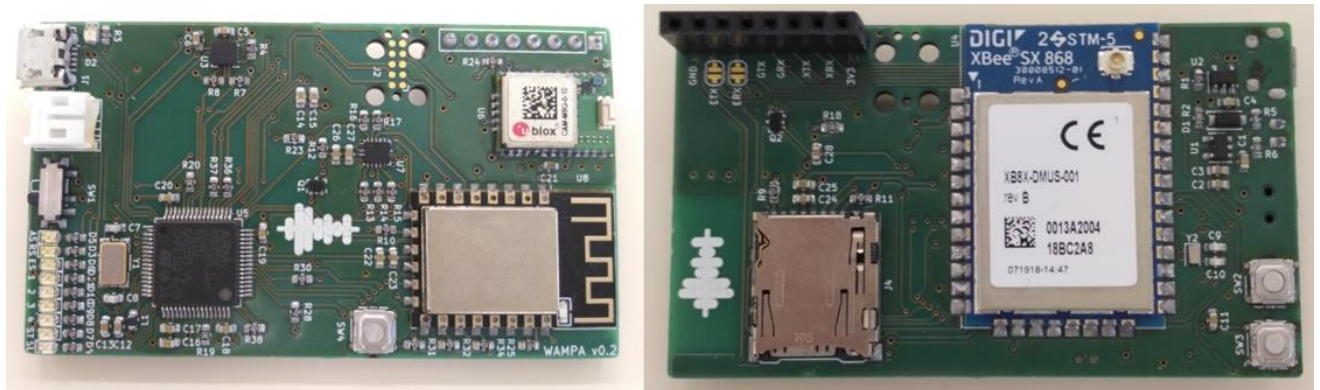
Η μονάδα αδρανειακής μέτρησης (IMU) που έχει χρησιμοποιηθεί είναι η BMI160 της Bosch Sensortec: Πρόκειται για ένα μικροηλεκτρομηχανικό σύστημα που αποτελείται από έναν συνδυασμό επιταχυνσιομέτρου 3-αξόνων και γυροσκοπίου 3-αξόνων σε πλήρη αντιστοιχία. Η συγκεκριμένη μονάδα επιλέχθηκε για την ιδιαίτερα χαμηλή της κατανάλωση, παράλληλα με την δυνατότητά της για λήψη συγχρονισμένων μετρήσεων επιτάχυνσης και περιστροφής* στους επιθυμητούς ρυθμούς ανανέωσης.

* Εμείς χρησιμοποιήσαμε μόνο δεδομένα επιτάχυνσης.

Η συσκευή, η οποία διαθέτει και λειτουργίες που δεν χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία, όπως δυνατότητα γεωγραφικού εντοπισμού θέσης μέσω της μονάδας παγκόσμιου δορυφορικού συστήματος πλοήγησης (GNSS) και δυνατότητες τηλεμετρίας, λειτουργεί με κεντρικό ενορχηστρωτή των λειτουργιών τον μικροελεγκτή STM32L162RDT6 αρχιτεκτονικής ARM Cortex-M3, ο οποίος φροντίζει για την σωστή και συγχρονισμένη επικοινωνία μεταξύ των επιμέρους μονάδων, με σκοπό την έγκαιρη αποθήκευση και σωστή διαχείριση των παραγόμενων δεδομένων.



Εικ.2 Εξωτερικό Συσκευής Καταγραφής Δεδομένων



Εικ.3 Εσωτερικό Συσκευής Καταγραφής Δεδομένων

5.3 Dataset - Στάδια Δημιουργίας

Προ επεξεργασία δεδομένων – Ρυθμός Δειγματοληψίας

Όσον αφορά τα δεδομένα μας, το sampling rate του αισθητήρα μας (accelerometer) ήταν στα 100Hz, δηλαδή παράγει 100 τιμές ανά δευτερόλεπτο.

5.3.1 1^ο Στάδιο – Περιγραφή Διαδικασίας σε περιβάλλον Matlab

Αρχικά συγκεντρώσαμε υλικό καταγραφής σε μορφή 24ώρων για την καθημερινότητα του ζώου (σε συνεργασία με το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών).

Σαν 1^ο στάδιο έγινε χρήση του προγράμματος MATLAB, μέσω του οποίου δημιουργήσαμε «ετικέτες σκηνής» (*scene labels*), όπου η κάθε μια όριζε τις πληροφορίες για ολόκληρη τη σκηνή. Χρησιμοποιήσαμε τις «ετικέτες σκηνής» για να περιγράψουμε συνθήκες, συγκεκριμένα τις καταστάσεις-ενέργειες του ζώου (π.χ.: στέκεται (Stationary), τρώει (Foraging), περπατάει (Walking) κ.α.).

Ακολουθώντας ακριβώς την παραπάνω διαδικασία, εμείς ορίσαμε τις παρακάτω «ετικέτες σκηνής» με τις αντίστοιχες περιγραφές:

Labels

Activity-Δραστηριότητα	Description-Περιγραφή
Missing	Το ζώο δεν είναι παρών τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο στην εικόνα του βίντεο που μπορούμε και παρακολουθούμε.
Walking	Το ζώο κινείται στο χώρο. Ο χαρακτηρισμός αναφέρεται είτε σε αργό περπάτημα είτε σε λίγο πιο έντονο.
Stationary	Το ζώο είναι ακίνητο στο χώρο. Είτε είναι ξαπλωμένο στο έδαφος, είτε απλώς στέκεται όρθιο, κουνώντας απλά σημεία του σώματος ή και κάνοντας πολύ αργούς περιοδικούς βηματισμούς.
Foraging	Το ζώο τρώει φρέσκο γρασίδι, σανό από ένα σωρό ή κλαδιά στο έδαφος.
Trotting	Το ζώο δεν καλπάζει γρήγορα, αλλά περπατά πολύ γρήγορα. Είναι η φάση ανάμεσα στο περπάτημα και το τρέξιμο.
*Running	Το ζώο καλπάζει – τρέχει.

*Σημειώνουμε ότι μετά τη διεξαγωγή των αποτελεσμάτων το Running σαν activity ήταν αμυδρό, επομένως δεν το συμπεριλάβαμε, ωστόσο το έχουμε απλά προσθέσει ως μια «ετικέτα σκηνής».

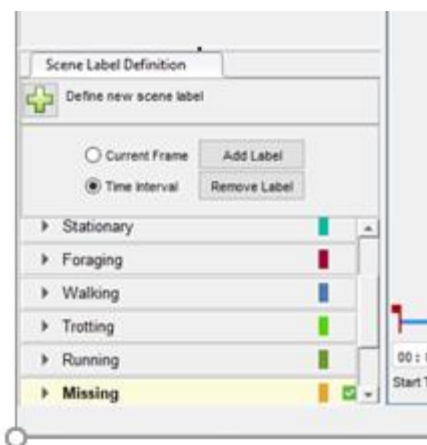
Συσκευές Συμπεριφοράς Ζώων & Μηχανική Μάθηση

Ακολουθούν σχετικές εικόνες που δείχνουν πως εργαστήκαμε στο MATLAB.

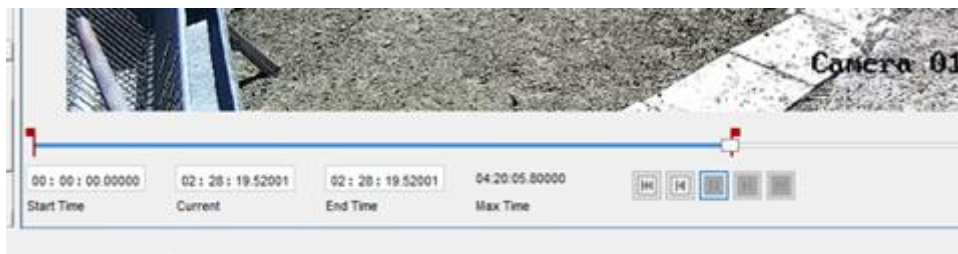
Εστιάζουμε σε ένα συγκεκριμένο τετράποδο μηρυκαστικό που με τη βοήθεια φοιτητών από το Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, έχει μαρκαριστεί με μπλε χρώμα.

Περιβάλλον MATLAB

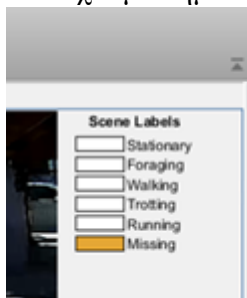
Αρχικά δημιουργούμε μια «ετικέτα σκηνής» με όνομα της επιλογής μας και μπορούμε εάν θέλουμε, να προσθέσουμε και μια περιγραφή για την ετικέτα που έχουμε δημιουργήσει (είναι προαιρετικό). Επαναλαμβάνουμε τη διαδικασία ανάλογα με το πόσες ετικέτες θέλουμε εμείς να ορίσουμε. Κάθε φορά που δημιουργούμε μια «ετικέτα σκηνής» εμφανίζεται στο κάτω αριστερά tab **Scene Label Definition**, κάθε φορά με διαφορετικό χρώμα.



Μετακινώντας τις **red flags** (όπως φαίνεται στα παραδείγματα των εικόνων) ορίζουμε το χρονικό διάστημα που θα προσδιορίζει η κάθε «ετικέτα σκηνής».



Κάθε φορά που ορίζουμε μια «ετικέτα σκηνής» για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, στα δεξιά του παραθύρου, στο tab **Scene Labels** βλέπουμε ότι μας δείχνει και το ανάλογο χρώμα ετικέτας που έχουμε δημιουργήσει.

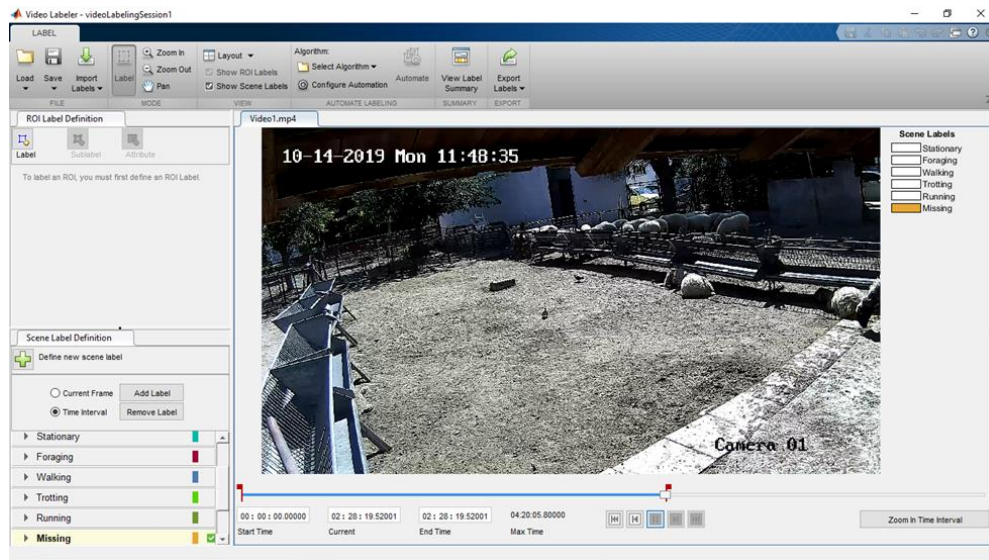


Συσκευές Συμπεριφοράς Ζώων & Μηχανική Μάθηση

Έτσι, ενώ το βίντεο τρέχει, κάθε φορά που το ζώο αλλάζει κατάσταση – στάση – ενέργεια, εμείς ειδοποιούμαστε σύμφωνα με το χρώμα, που αυτόματα αλλάζει στα δεξιά μας και προσδιορίζει την κάθε κατάσταση.

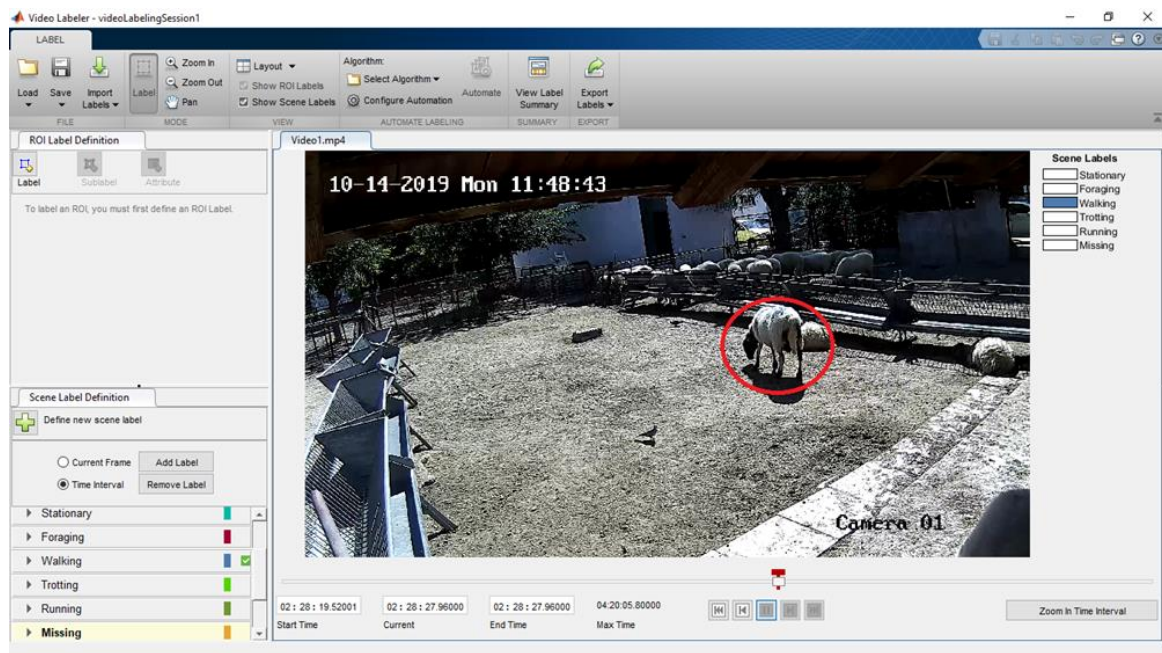
Δραστηριότητα: Missing

Περιγραφή: Το ζώο δεν είναι παρών τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο στην εικόνα του βίντεο που μπορούμε και παρακολουθούμε.



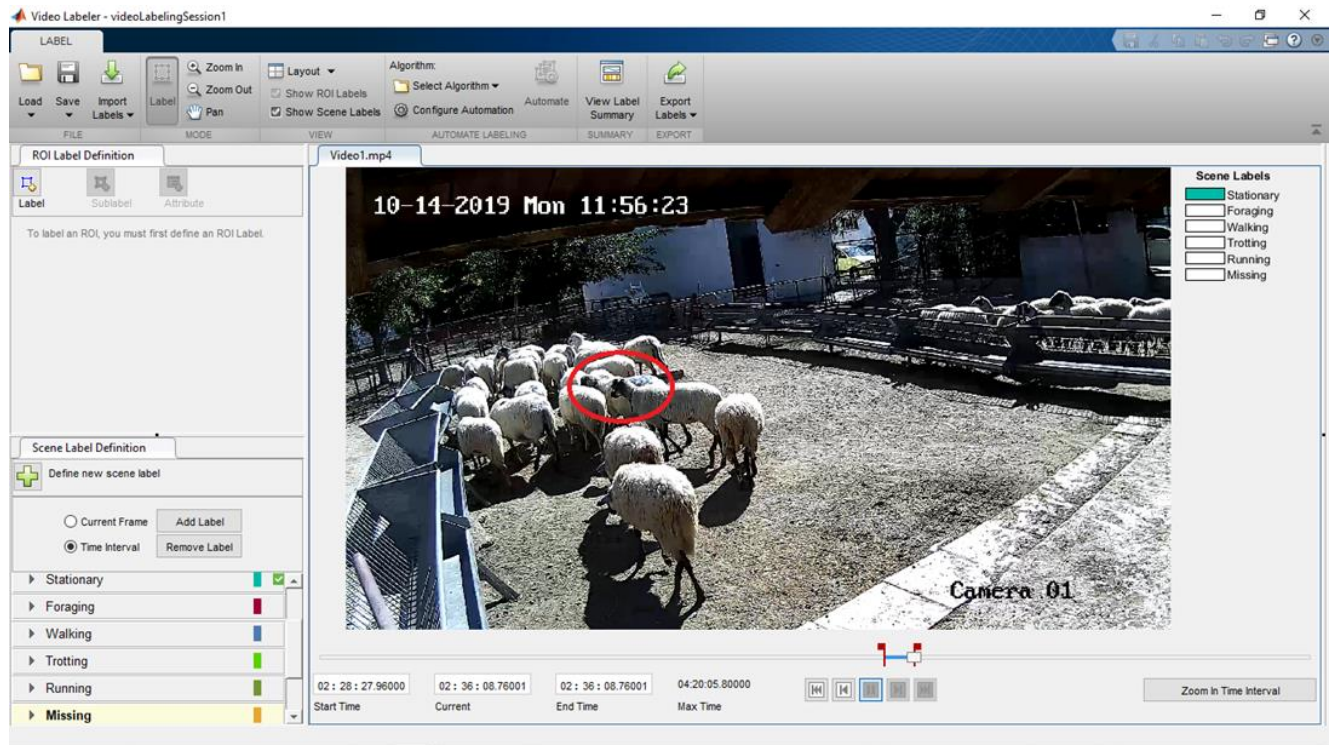
Δραστηριότητα: Walking

Περιγραφή: Το ζώο κινείται στο χώρο. Ο χαρακτηρισμός αναφέρεται είτε σε αργό περπάτημα είτε σε λίγο πιο έντονο.



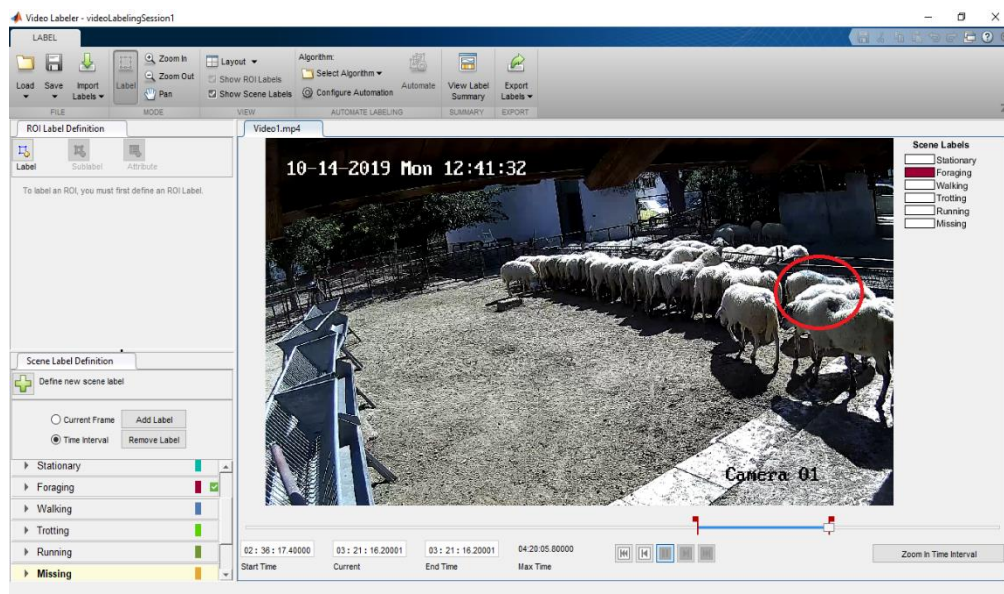
Δραστηριότητα: Stationary

Περιγραφή: Το ζώο είναι ακίνητο στο χώρο. Είτε είναι ξαπλωμένο στο έδαφος, είτε απλώς στέκεται όρθιο, κουνώντας απλά σημεία του σώματος ή και κάνοντας πολύ αργούς περιοδικούς βηματισμούς.



Δραστηριότητα: Foraging

Περιγραφή: Το ζώο τρώει φρέσκο γρασίδι, σανό από ένα σωρό ή κλαδιά στο έδαφος.

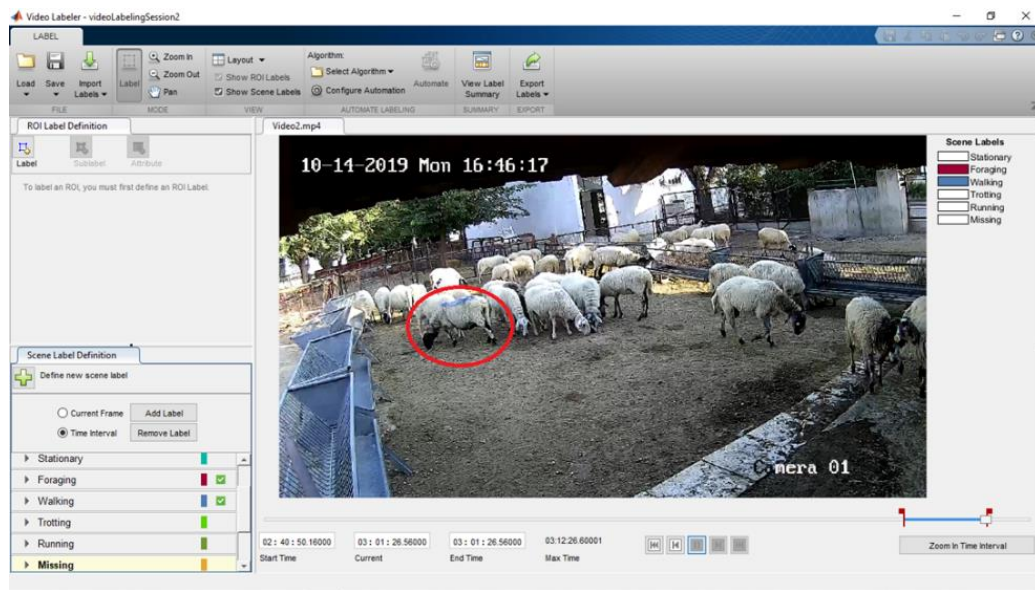


*Τύχαιναν διαστήματα όπου απαιτούσαν εισαγωγή δύο «ετικετών σκηνής»

Συσκευές Συμπεριφοράς Ζώων & Μηχανική Μάθηση

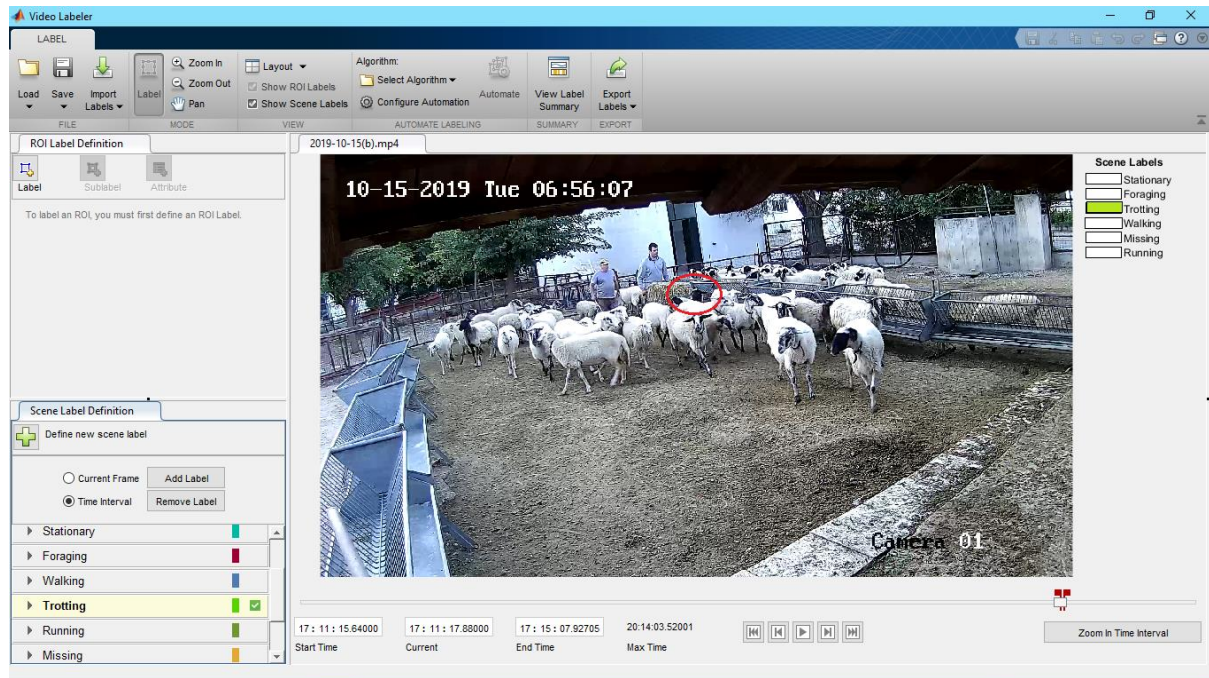
Δραστηριότητα: Walking, Foraging

Περιγραφή: Το ζώο κινείται στο χώρο. Ο χαρακτηρισμός αναφέρεται είτε σε αργό περπάτημα είτε σε λίγο πιο έντονο./ Το ζώο τρώει φρέσκο γρασίδι, σανό από ένα σωρό ή κλαδιά στο έδαφος.



Δραστηριότητα: Trotting

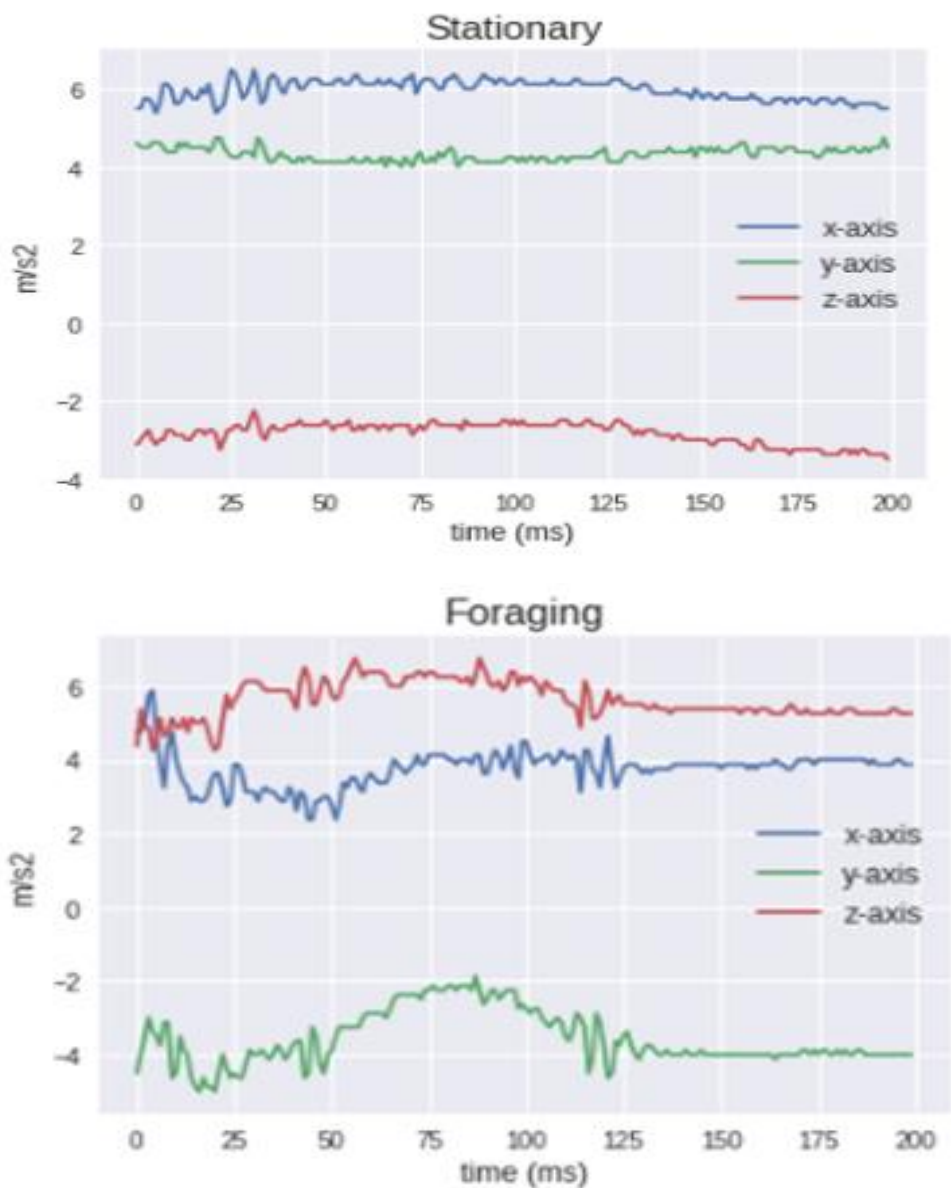
Περιγραφή: Το ζώο δεν καλπάζει γρήγορα, αλλά περπατά πολύ γρήγορα. Είναι η κατάσταση ανάμεσα στο περπάτημα και το τρέξιμο

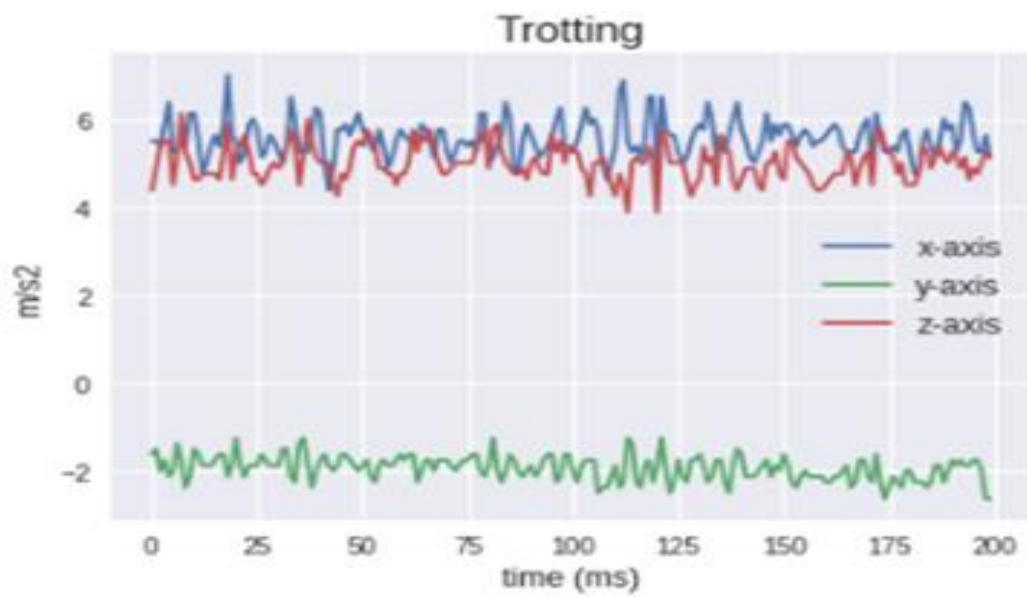
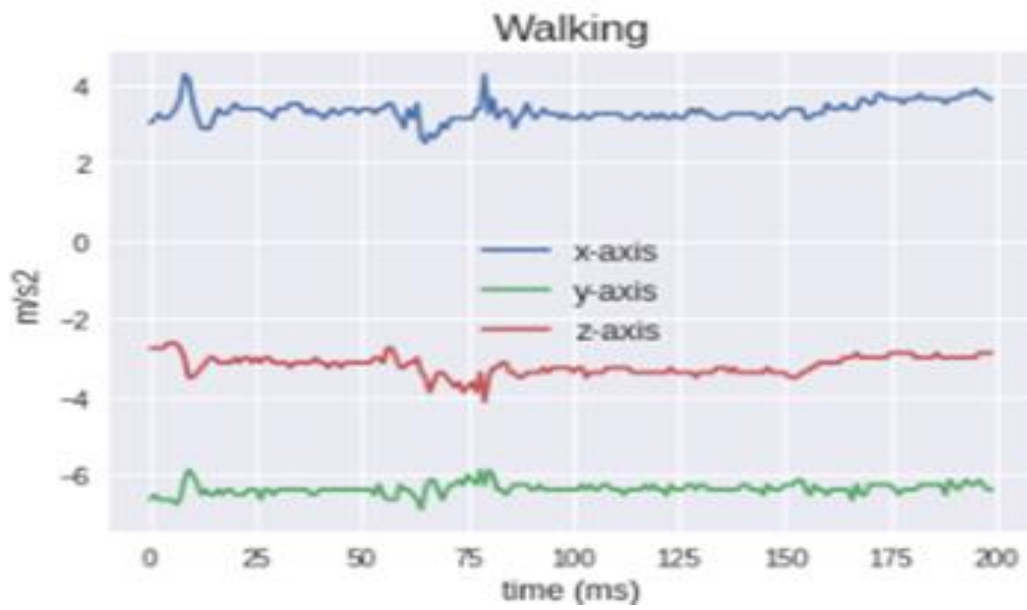


5.3.2 2^ο Στάδιο – Ανάλυση Δεδομένων

ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Στα παρακάτω γραφήματα μπορούμε εμφανώς να διακρίνουμε σε συνάρτηση με τον χρόνο τις καταστάσεις που βρίσκεται το πρόβατο. Στις καταστάσεις stationary και Walking παρατηρούμε ότι το γράφημα είναι πιο ομαλό σε σχέση με τις άλλες 2 καταστάσεις.





5.3.3 3^ο Στάδιο - Κώδικας που χρησιμοποιήθηκε

Εξαγωγή χαρακτηριστικών

Στο 3ο βήμα έγινε αρχικά κανονικοποίηση των τιμών κάνοντας χρήση του τύπου $(X_i - \text{mean}(X))/\text{std}(X)$ όπου,

X_i : η τιμή του ενός δείγματος

X : όλες οι τιμές.

Έπειτα υπολογίστηκαν τα εξής time frequency statistical features: mean, 2. median, 3. min, 4. max, 5. kurtosis, 6. skewness, 7. Std

Feature Extraction

```
In [521]: from scipy.stats import kurtosis, skew

kur = kurtosis(kurtosis(X_train, fisher=True, axis=2),fisher=True, axis=1)
sk = skew(skew(X_train, axis=2), axis=1)

tkur = kurtosis(kurtosis(X_test, fisher=True, axis=2),fisher=True, axis=1)
tsk = skew(skew(X_test, axis=2),axis=1)
```

```
In [523]: X1 = np.mean(np.mean(X_train,2),1)
X2 = np.max(np.max(X_train,2),1)
X3 = np.min(np.min(X_train,2),1)
X4 = np.median(np.median(X_train,2),1)
X5 = np.std(np.std(X_train,2),1)
X6 = tr_train
```

```
In [525]: X10 = np.mean(np.mean(X_test,2),1)
X20 = np.max(np.max(X_test,2),1)
X30 = np.min(np.min(X_test,2),1)
X40 = np.median(np.median(X_test,2),1)
X50 = np.std(np.std(X_test,2),1)
X60 = tr_test
```

```
In [581]: features = np.zeros((len(X1),7))

features[:,0]=X1[:]
features[:,1]=X2[:]
features[:,2]=X3[:]
features[:,3]=X4[:]
features[:,4]=X5[:]
features[:,5]=kur[:]
features[:,6]=sk[:]
```

```
In [582]: tfeatures = np.zeros((len(X10),7))

tfeatures[:,0]=X10[:]
tfeatures[:,1]=X20[:]
tfeatures[:,2]=X30[:]
tfeatures[:,3]=X40[:]
tfeatures[:,4]=X50[:]
tfeatures[:,5]=tkur[:]
tfeatures[:,6]=tsk[:]
```

5.3.4 Ταξινόμηση

Στο 4ο βήμα, για την κατηγοριοποίηση των εξαχθέντων χαρακτηριστικών (από τα σήματα κίνησης) στις ζητούμενες κλάσεις συμπεριφοράς (stationary, walking, trotting, foraging), χρησιμοποιήθηκαν κάποιοι αλγόριθμοι *classification* συγκεκριμένα:

1. Logistic regression, accuracy: 0.6748057713651499
2. SVM, accuracy: 0.6878071983510385
3. KNN, accuracy: 0.6900269541778976
4. Random Forest, accuracy: 0.7101633106072618
5. Decision Trees, accuracy: 0.6507055652449659

Classification

```
In [529]: from sklearn.linear_model import LogisticRegression
LC = LogisticRegression()
LC.fit(features,np.ravel(y_train))
print(np.mean(LC.predict(tfeatures)==np.ravel(y_test)))
```

0.6748057713651499

/home/adminis/anaconda3/envs/py36/lib/python3.6/site-packages/sklearn/linear_model/logistic.py:432: FutureWarning: Default solver will be changed to 'lbfgs' in 0.22. Specify a solver to silence this warning.
FutureWarning)
/home/adminis/anaconda3/envs/py36/lib/python3.6/site-packages/sklearn/linear_model/logistic.py:469: FutureWarning: Default multi_class will be changed to 'auto' in 0.22. Specify the multi_class option to silence this warning.
"this warning.", FutureWarning)

```
In [530]: from sklearn.svm import SVC
SVM = SVC(degree=3)
SVM.fit(features,np.ravel(y_train))
print(np.mean(SVM.predict(tfeatures)==np.ravel(y_test)))
```

/home/adminis/anaconda3/envs/py36/lib/python3.6/site-packages/sklearn/svm/base.py:193: FutureWarning: The default value of gamma will change from 'auto' to 'scale' in version 0.22 to account better for unscaled features. Set gamma explicitly to 'auto' or 'scale' to avoid this warning.
"avoid this warning.", FutureWarning)

0.6878071983510385

```
In [536]: from sklearn.ensemble import RandomForestClassifier
RF = RandomForestClassifier(n_estimators=100)
RF.fit(features,np.ravel(y_train))
print(np.mean(RF.predict(tfeatures)==np.ravel(y_test)))
```

0.7101633106072618

```
In [532]: from sklearn.tree import DecisionTreeClassifier
DT = DecisionTreeClassifier()
DT.fit(features,np.ravel(y_train))
print(np.mean(DT.predict(tfeatures)==np.ravel(y_test)))
```

0.6507055652449659

```
In [533]: from sklearn.neighbors import KNeighborsClassifier
KNN = KNeighborsClassifier(n_neighbors=20)
KNN.fit(features,np.ravel(y_train))
print(np.mean(KNN.predict(tfeatures)==np.ravel(y_test)))
```

0.6900269541778976

```
In [583]: results =[0.6748057713651499, 0.6878071983510385, 0.7101633106072618, 0.6507055652449659, 0.6900269541778976]
bars = ('LR','SVM','RF','DT','KNN')
```

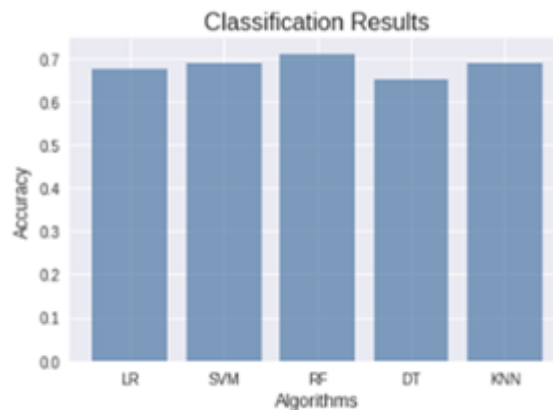
```
In [584]: y_pos = np.arange(len(bars))

plt.bar(y_pos, results, color=(0.2, 0.4, 0.6, 0.6))
plt.xticks(y_pos, bars)

plt.xlabel('Algorithms',fontsize=12)
plt.ylabel('Accuracy',fontsize=12)
plt.title('Classification Results', fontsize=16)

plt.show()
```

Στο διάγραμμα, απεικονίζεται η ακρίβεια των αλγορίθμων που χρησιμοποιήθηκαν για τις διάφορες καταστάσεις του μηρυκαστικού.



Εικ.4 Διάγραμμα ακρίβειας αλγορίθμων για τις καταστάσεις του μηρυκαστικού

Στο πείραμα μας, η συλλογή των δεδομένων και η ακριβής καταγραφή των σημείων δεν πραγματοποιήθηκαν με μεγάλα ποσοστά επιτυχίας. Πιο συγκεκριμένα, όπως φαίνεται στην Εικ.5 Διάγραμμα Confusion matrix, δεν υπάρχει καλή απόκριση του αλγορίθμου και αυτό οφείλεται στο ότι οι χαρακτηρισμοί δραστηριότητας των καταστάσεων του ζώου συγχέονταν μεταξύ τους. Δηλαδή, στην περίπτωση της "διπλής" δραστηριότητας που μπορεί να είχε το ζώο (π.χ. foraging και walking ταυτόχρονα), ο αλγόριθμος σύγχε την κατάσταση, με αποτέλεσμα την εξαγωγή μη προβλεπόμενων αποτελεσμάτων (παρατηρήθηκε σχεδόν 33% αποτυχία).

	standing	foraging	walking	running
Predicted standing	4210	1472	57	2
Predicted foraging	288	274	4	0
Predicted walking	0	0	0	0
Predicted running	0	0	0	0

Actual Class

Εικ.5 Διάγραμμα Confusion matrix

Συμπερασματικά, πιθανόν θα μπορούσε να σημειωθεί μεγαλύτερο ποσοστό επιτυχίας, εάν η εξαγωγή αποτελεσμάτων είχε βασιστεί στην εισαγωγή μεγαλύτερου μέρους (σε ώρα) καταγραφών.

6 Επίλογος

Αυτή η εργασία αφορά μια έρευνα για τις “έξυπνες” τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την καλή διαβίωση των ζώων και κατηγοριοποιούνται σε τρεις κύριες κατηγορίες: οικόσιτα, ζώα εκτροφής και άγρια ζώα.

Ένα “έξυπνο” σύστημα, όπως το ορίζουμε, προϋποθέτει υπολογιστικές ικανότητες καθώς και ικανότητες αίσθησης που είναι διασυνδεδεμένες, όχι μόνο με διάφορες τεχνολογίες δικτύωσης, αλλά και με υπολογιστικά συστήματα που μπορούν να συλλέγουν, να επεξεργάζονται και να αξιολογούν δεδομένα σχετικά με την καλή διαβίωση των ζώων. Καθορίσαμε την καλή διαβίωση των ζώων με γενικούς όρους, αναγνωρίζοντας ότι τα εξεταζόμενα συστήματα εξυπηρετούν - βοηθούν τα ζώα να παραμένουν υγιή, χωρίς πόνο και ταλαιπωρία καθώς και να ανταποκρίνονται θετικά στο περιβάλλον τους.

Πολλές από τις εξεταζόμενες τεχνολογίες χρησιμοποιήθηκαν για να αποφέρουν σημαντικά οφέλη σε συγκεκριμένες περιπτώσεις και καταστάσεις. Έχοντας όλες αυτές τις τεχνολογίες διαθέσιμες και ενσωματωμένες σε μια κεντρική βάση δεδομένων, οι πληροφορίες μοιράζονται και παρακολουθούνται με τις βέλτιστες πρακτικές για τεράστια κοινωνικά και οικονομικά οφέλη. Οι ανάγκες για περαιτέρω έρευνα περιλαμβάνουν μερικά από τα κυριότερα χαρακτηριστικά των εξεταζόμενων συστημάτων και το δυναμικό τους για βελτίωση της καλής μεταχείρισης των ζώων. Απαιτεί ανάπτυξη ολοκληρωμένων και ανοιχτών συστημάτων βασισμένων σε εφαρμογές και υπηρεσίες νεφοϋπολογισμού.

Παρόλο που στην έρευνα έχει αναφερθεί η «έξυπνη γεωργία», πρέπει να γίνουν περαιτέρω ενέργειες για ενσωμάτωση εξειδικευμένου αισθητήρα δικτύου στις τρέχουσες υπηρεσίες νεφοϋπολογισμού καθώς και στην υποδομή και στο άνοιγμα των δεδομένων - συστημάτων για κοινή χρήση, στον προγραμματισμό και σε κάθε περαιτέρω καινοτομία.

Έχουμε βρει πολλά κοινά χαρακτηριστικά για το πώς κατασκευάζονται και χρησιμοποιούνται τα συστήματα δικτύων αισθητήρων με βάση τα ζώα, αλλά ελάχιστες ή καθόλου αποδείξεις ότι τα συστήματα μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν σε εφαρμογές σε είδη ή ζώα. Για παράδειγμα, ένα σύστημα μπορεί να επωφεληθεί πολύ από τη γνώση σε χαμηλά επίπεδα κόστους, την παρακολούθηση των αγρίων ζώων χαμηλής κατανάλωσης σε τροφή, καθώς και από φορητά συστήματα για σκύλους.

Η έρευνα επικεντρώνεται επίσης στο ζωτικό στόχο της «έξυπνης» γεωργίας. Παρόλο που οι έννοιες της δεν αποκλείουν τα ζώα, σήμερα εστιάζουμε περισσότερο στα φυτικά προϊόντα γεωργίας σε σύγκριση με τη γεωργική κτηνοτροφία. Ενσωματώνονται εννοιολογικά τα θέματα της καλής διαβίωσης των ζώων σε έξυπνα συστήματα. Οι «έξυπνες» συνδεδεμένες πόλεις και κοινότητες γίνονται τώρα πραγματικότητα. Με ελάχιστο ή καθόλου επιπλέον κόστος, αυτές οι τεχνολογίες μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την παρακολούθηση των πτηνών και άλλων προτύπων μετανάστευσης άγριων ζώων, να παρακολουθούνται και να εντοπίζονται ζώα που λείπουν, να προβλέπουν φυσικές καταστροφές, και μια σειρά από άλλες πιθανές εφαρμογές. Η «έξυπνη» μεταφορά χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση της ευημερίας των μεταφερόμενων ζώων. Η «έξυπνη» ενέργεια μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση των ζώων σε εξωτερικούς χώρους. Οι «έξυπνες» πόλεις μπορούν να παρακολουθούν τα άγρια ζώα στις πόλεις και για τα οικόσιτα ζώα οι εφαρμογές μπορούν να ενσωματωθούν σε «έξυπνες» κατοικίες.

Όλα τα ζώα, είτε πρόκειται για οικόσιτα ζώα, είτε για ζώα εκτροφής είτε για ζώα σε ζωολογικούς κήπους ή άγρια ζώα, είναι αναμφισβήτητα τα μεγαλύτερα θύματα σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης και καταστροφές όπως πυρκαγιές, σεισμοί, πλημμύρες και άλλα φυσικές καταστροφές. Σε τέτοιες καταστάσεις, οι «έξυπνες» τεχνολογίες μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο, από την ανίχνευση έως την πρόληψη του ερχόμενου προβλήματος. Τα «έξυπνα» συστήματα μπορούν να ανιχνεύσουν την κατάσταση έκτακτης ανάγκης, τον αριθμό και τα είδη ζώων που έχουν ανάγκη τα οποία και λαμβάνουν άμεσα έγκαιρη διάσωση και μέτρα ανάκαμψης.

Η καλή μεταχείριση των ζώων μπορεί να είναι οικονομικά βιώσιμη, όταν υποστηρίζεται μέσω «έξυπνων» συστημάτων χαμηλού κόστους, ή όταν ενσωματώνονται σε συστήματα που ήδη υπάρχουν. Τα δεδομένα που παρέχονται από τις τεχνολογίες, μπορούν να ενημερώσουν τους καταναλωτές για τα προϊόντα ζωικής προέλευσης και να παρέχουν ισχυρό οικονομικό κίνητρο και έγκριση της ενίσχυσης.

Υπάρχουν επίσης τεκμηριωμένα στοιχεία ότι τα ζώα μπορούν να παρέχουν έγκαιρες προειδοποιήσεις για επικείμενες φυσικές καταστροφές όπως σεισμοί, πλημμύρες, τυφώνες και ασθένειες, όπως καρδιακών προσβολών, καρκίνου ή διαφόρων τύπων επιληπτικών κρίσεων. Οι «έξυπνες» τεχνολογίες παρουσιάζουν λοιπόν τη δυνατότητα να κλιμακώσουν αυτές τις προειδοποιήσεις που λαμβάνουμε από τα ζώα, από απομονωμένες και συχνά μη συγγενείς περιπτώσεις, σε μια πρακτική μεθοδολογία που θα μπορούσε να έχει τεράστια οφέλη.

Η βασική πρόκληση στην υιοθέτηση οποιασδήποτε από αυτές τις «έξυπνες» τεχνολογίες είναι η έλλειψη της συνειδητοποίησης της ύπαρξης, της αποτελεσματικότητας και το οικονομικού οφέλους μέσα στην αγροτική κοινότητα, ακόμη και μεταξύ των καταναλωτών και των τεχνολόγων. Η εκπαίδευση πάνω στις «έξυπνες» τεχνολογίες του κτηνιατρικού τομέα και των κοινοτήτων διατήρησης της άγριας ζωής θα μπορούσαν επίσης να συντελέσουν στην αύξηση της ανάπτυξης. Τα προγράμματα σπουδών στον τομέα της επιστήμης των υπολογιστών και της μηχανικής πρέπει να περιλαμβάνουν προγράμματα σχετικά με τις «έξυπνες» τεχνολογίες και συστήματα που αναλύουν το πώς επιτυγχάνεται η καλή διαβίωση των ζώων. Υπάρχουν αναμφισβήτητα σκληρές τεχνικές και οικονομικές προκλήσεις που θα πρέπει να ξεπεραστούν, αλλά αυτά είναι μικρά σε σύγκριση με την αλλαγή της υπάρχουσας νοοτροπίας. Όπως δείχνει αυτή η ανασκόπηση, υπάρχουν πολλές «έξυπνες» τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται σήμερα και ένα πλήθος υποσχόμενων καινοτομιών για το μέλλον, καθιστώντας δυνατή τη χρήση «έξυπνων» υπολογιστών και την τεχνολογία ανίχνευσης για να συνυπάρχουν με τα ζώα με ένα βιώσιμα ανθρώπινο και αμοιβαία επωφελή τρόπο.

7 Αναφορές / Links

[1] Suresh Neethirajan (2017 March 14). “Recent advances in wearable sensors for animal health management

URL:https://www.researchgate.net/publication/310591484_Recent_advances_in_wearable_sensors_for_animal_health_management. Ανακτήθηκε 18 Μαΐου 2020

[2] ΒΙΚΙΠΑΙΔΕΙΑ (2019). URL :<https://el.wikipedia.org/wiki/Perceptron> Ανακτήθηκε 19 Μάϊου 2020

[3] Konstantinos G. Liakos, Patrizia Busato, Dimitrios Moshou ,Simon Pearson, Dionysis Bochtis, Machine Learning in Agriculture: A Review , August 2018

URL:https://www.researchgate.net/publication/327029380_Machine_Learning_in_Agriculture_A_Review. Ανακτήθηκε 20 Μαΐου 2020

[4] Megan Molteni (June 2017). Wearables Reveal the Secret Lives of Farm Animals

URL:<https://www.wired.com/2017/06/wearables-reveal-secret-lives-farm-animals/> Ανακτήθηκε 16 Μαρτίου 2020

[5] ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΑ ΦΙΛΟΖΩΙΚΗ ΟΜΟΣΠΟΝΔΙΑ (χ.χ.)

“ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΑ”,

URL:<http://pfo.gr/%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%B1%CE%B3%CF%89%CE%B3%CE%B9%CE%BA%CE%AC/> Ανακτήθηκε 13 Μαΐου

[6]] Megan Molteni (January 2017) Wearables Reveal the Secret Lives of Farm Animals (June

2017). URL:<https://www.wired.com/2017/06/wearables-reveal-secret-lives-farm-animals/> Ανακτήθηκε 16 Μαρτίου 2020

[7] E.S.Nadimi, R.N.Jorgensena, V.Blanes-Vidala,S. Christensenb (March 2012). “Computers and

Electronics in Agriculture”. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168169911003206> Ανακτήθηκε 10 Μαρτίου 2020

[8] “Γνωρίζετε τη λειτουργία των ετικετών αυτιού των ζώων RFID”

URL:<https://www.nfctagfactory.com/gr/news/Do-you-know-the-function-of-rfid-animal-ear-tags.html>

Ανακτήθηκε 22 Ιουνίου 2020

[9] Zoetis South Africa (χ.χ.). Pet Dialog - An app to create an even deeper bond.

URL: <http://www.petdialog.co.za/> Ανακτήθηκε 18 Μαρτίου 2020

[10] Zoetis UK (χ.χ.).PETDIALOG - YOUR LOCAL VET PRACTICE MOBILE APP.

URL:<https://www.zoetis.co.uk/conditions/petdialog.aspx> Ανακτήθηκε 18 Μαρτίου 2020

[11] Suresh Neethirajan (November 18, 2016). “Recent advances in wearable sensors for animal health management”, Canada.

[12] “Pet Wearables Guide”

URL: <http://petnuity.com/pet-wearables/>. Ανακτήθηκε 20 Μαρτίου 2020

[13] “Pet Wearables Guide (2020)”

URL : <http://petnuity.com/pet-wearables/>, Ανακτήθηκε 20 Μαρτίου 2020

[14] “Pet Wearables Guide (2020)”

URL: <http://petnuity.com/pet-wearables/>, Ανακτήθηκε 20 Μαρτίου 2020

[15]Jane Byrne (February 4, 2020).”Cainthus launches dairy feeding monitoring technology”

URL : <https://www.feednavigator.com/Article/2020/02/04/Cainthus-launches-dairy-feeding-monitoring-technology>, Ανακτήθηκε 23 Μαΐου 2020

[16] Βικτώρια Αποστολοπούλου (4 Φεβρουαρίου 2020). “AWIN: Δωρεάν έλεγχος της ευζωίας των ζώων για τους Έλληνες κτηνοτρόφους”

URL: <https://www.ypaithros.gr/awin-dorean-elegchos-eyzoias-zoon-ellines-ktinotrofous/>, Ανακτήθηκε 23 Μαΐου 2020

[17] Sam Draper (2 October 2018) “These Wearables for Animals Will Keep Your Pets Happy and Engaged in Social Media “

URL: <https://www.wearable-technologies.com/2018/10/these-wearables-for-animals-will-keep-your-pets-happy-and-engaged-in-social-media/>, Ανακτήθηκε 25 Μαΐου 2020

[18] URL : [Ιστοσελίδα Συσκευής https://www.cowlar.com/](https://www.cowlar.com/)

[19] Αντώνης Ανδρονικάκης (2 Οκτωβρίου 2018). «Εξυπνα» κολάρα στην υπηρεσία των κτηνοτρόφων για την αντιμετώπιση των ζωοκλοπών

URL: <https://www.ypaithros.gr/exipna-kolara-stin-ipiresia-ton-ktinotrofon/>, Ανακτήθηκε 20 Μαΐου 2020

[20] Sam Draper (2 October 2018). “ These Wearables for Animals Will Keep Your Pets Happy and Engaged in Social Media”

URL: <https://www.wearable-technologies.com/2018/10/these-wearables-for-animals-will-keep-your-pets-happy-and-engaged-in-social-media/>, Ανακτήθηκε 25 Μαΐου 2020

[21] , [22] ,[23]Sam Draper (2 October 2018).” These Wearables for Animals Will Keep Your Pets Happy and Engaged in Social Medi”

URL: <https://www.wearable-technologies.com/2018/10/these-wearables-for-animals-will-keep-your-pets-happy-and-engaged-in-social-media/>, Ανακτήθηκε 25 Μαΐου 2020

[24] Garmin Ltd (Ιστοσελίδα Συσκευής)

URL: <https://support.garmin.com/en-HK/?faq=JiJSvqIjSh3b4S3eYkToPA>, Ανακτήθηκε 26 Μαΐου 2020

[25] Εγχειρίδια:

<https://www.st.com/resource/en/datasheet/stm32l162rd.pdf>

https://ae-bst.resource.bosch.com/media/_tech/media/datasheets/BST-BMI160-DS000.pdf