



ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΓΑΛΑΚΤΟΣ
& ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Εφαρμογές κτηνοτροφίας ακριβείας σε μικρά μηρυκαστικά

Αικατερίνη Δ. Προύσαλη

Επιβλέπων Καθηγητής:
Γεώργιος Λαλιώτης, Επίκουρος Καθηγητής ΓΠΑ

ΑΘΗΝΑ
2024

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Εφαρμογές κτηνοτροφίας ακριβείας σε μικρά μηρυκαστικά

“Applications of precision livestock farming in small ruminants”

Αικατερίνη Δ. Προύσαλη

Εξεταστική Επιτροπή:

Γεώργιος Λαλιώτης, Επίκουρος Καθηγητής ΓΠΑ (επιβλέπων)

Ιωσήφ Μπιζέλης, Ομότιμος Καθηγητής ΓΠΑ

Θεόφιλος Μασούρας, Καθηγητής ΓΠΑ

Εφαρμογές κτηνοτροφίας ακριβείας σε μικρά μηρυκαστικά

*ΔΠΜΣ Ολοκληρωμένη διαχείριση παραγωγής γάλακτος και γαλακτοκομικών προϊόντων
Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων & Διατροφής του Ανθρώπου
Τμήμα Επιστήμης Ζωικής Παραγωγής*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια, η συνεχιζόμενη εξέλιξη της τεχνολογίας κάνει την εμφάνισή της και στον αγροκτηνοτροφικό τομέα. Οι αυξανόμενες απαιτήσεις των καταναλωτών για ποιοτικά και οικονομικότερα προϊόντα, με γνώμονα πάντα την καλή μεταχείριση των ζώων και την αποδοτικότητα των καλλιεργειών, προτρέπουν τους παραγωγούς να ακολουθήσουν νέες μεθόδους, βελτιώνοντας ταυτόχρονα όλη την παραγωγική διαδικασία. Η κτηνοτροφία και η γεωργία ακριβείας, αποτελούν δύο κλάδους που αναπτύσσονται καθημερινά, αφήνοντας πίσω παλιές τακτικές που στηρίζονταν κυρίως στην εμπειρογνωμοσύνη. Βαδίζοντας πλέον στον 21ο αιώνα, όροι όπως Τεχνητή Νοημοσύνη, Διαδίκτυο των Πραγμάτων, Υπολογιστική Νέφος κ.α., χρησιμοποιούνται καθημερινά σε διάφορους κλάδους. Κατασκευάζονται ρομποτικά μη επανδρωμένα αεροχήματα και οχήματα εδάφους, που συμβάλλουν στην τέλεση διαφόρων εργασιών μειώνοντας το φόρτο και την ποιότητα εργασίας. Όλοι οι κτηνοτρόφοι έχουν πλέον τη δυνατότητα να παρακολουθούν σε πραγματικό χρόνο, οπουδήποτε τα ζώα τους, να βελτιώνουν την παραγωγικότητα της εκμετάλλευσής τους και να λαμβάνουν τις κατάλληλες αποφάσεις, αυξάνοντας το εισόδημά τους και αναβαθμίζοντας τον τρόπο ζωής τους. Αυτό που χρειάζεται είναι οι απαραίτητες γνώσεις χειρισμού ενός έξυπνου κινητού τηλεφώνου ή ενός φορητού ή σταθερού υπολογιστή. Στόχος της παρούσας εργασίας ήταν η ανασκόπηση των διαθέσιμων τεχνολογικών μέσων, που έχει πλέον στις μέρες μας ο κτηνοτρόφος, για τη διαχείριση των παραγωγικών ζώων και ιδιαίτερα των μικρών μηρυκαστικών, ενός κλάδου ιδιαίτερα σημαντικού για την οικονομία της χώρας μας. Επίσης, μελετήθηκε η χρήση κολάρων γεωεντοπισμού σε γαλακτοπαραγωγικές προβατίνες, στις οποίες εφαρμόζεται σύστημα ελεύθερης βόσκησης, με στόχο τη μελέτη της κινητικότητας αυτών και τυχόν συσχέτιση με χαρακτηριστικά του γάλακτος. Τα αποτελέσματα έδειξαν πως υπήρξε επίδραση του τύπου της δραστηριότητας σε ποιοτικά χαρακτηριστικά του γάλακτος, με τα φυσικοχημικά και μικροβιολογικά χαρακτηριστικά του να βρίσκονται εντός των αποδεκτών ορίων, που σημαίνει πως ο παραγωγός μπορεί να λαμβάνει ειδοποιήσεις για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος του, με βάση την ατομική δραστηριότητα του ζώου. Η παρούσα μελέτη αναδεικνύει τη σημαντικότητα χρησιμοποίησης εφαρμογών κτηνοτροφίας ακριβείας, για την έγκαιρη πληροφόρηση του παραγωγού σε θέματα που σχετίζονται με την παραγωγικότητα και τη σωματική κατάσταση των ζώων του.

Επιστημονική περιοχή: Ζωική παραγωγή

Λέξεις κλειδιά: Κτηνοτροφία Ακριβείας, Αιγοπρόβατα, Τεχνολογίες

Applications of precision livestock farming in small ruminants

Msc Complete management of milk production and dairy products

Department of Food Science & Human Nutrition

Department of Animal Science

ABSTRACT

In recent years, the ongoing evolution of technology has made its appearance in the agricultural sector. The increasing consumers' demands for better quality and more cost-effective products, focusing also to animal welfare and crop efficiency, encourage producers to adopt new methods, assisting them in improving the whole production process. Precision livestock farming and agriculture are two sectors that are growing every day, leaving behind traditional practices that relied mainly on expertise. As we move into the 21st century, terms such as Artificial Intelligence, Internet of Things, Cloud Computing etc., are being used daily in various industries, drones and robotic ground vehicles are being built to assist people in performing various tasks, reducing the workload and quality of work. All modern livestock farmers can now monitor their animals in real time, improve the productivity of their farm and make the right decisions, increasing therefore their income and improving their lifestyle. The necessary knowledge is the capability to operate a smart mobile phone or a laptop or a desktop computer. The aim of this study was to review the available technological means, which the breeder now has, for the management of productive animals and especially of small ruminants, an important economic industry of our country. Also, the use of geolocation collars in dairy ewes, in which a free grazing system was applied. The results showed that there was an effect of the type of activity on quality components of milk, with its physicochemical and microbiological composition, being within acceptable limits which mean that the producer can receive notifications about the quality of his product, based on the animal's individual activity. The present study shows the importance of using precision livestock farming applications, for the farmers' early information about issues related to the productivity and physical conditions of their animals.

Scientific Area: Animal production

Keywords: Precision-livestock, small ruminants, technologies

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή Δρ. Λαλιώτη Γεώργιο, που μου έδωσε την ευκαιρία να ασχοληθώ με ένα θέμα πραγματικά επίκαιρο και πολύ ενδιαφέρον. Η βοήθειά του και ο χρόνος που αφιέρωσε έτσι ώστε να εκπονηθεί η διπλωματική μου είναι ανεκτίμητος.

Στο συγκεκριμένο Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών είχα την ευκαιρία να γνωρίσω πολύ αξιόλογους και καταξιωμένους ανθρώπους. Ένας από αυτούς ήταν και ο Δρ. Μασούρας Θεόφιλος που τον ευχαριστώ ιδιαίτερα για τις γνώσεις που μας μετέφερε. Επίσης οφείλω τις ευχαριστίες μου και στον Δρ. Μπιζέλη Ιωσήφ ως μέλος της εξεταστικής επιτροπής!

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένειά μου, που με στηρίζει στις αποφάσεις μου και κυρίως στην κόρη μου, που δίνει νόημα στη ζωή μου!

Με την άδειά μου, η παρούσα εργασία ελέγχθηκε από την Εξεταστική Επιτροπή μέσα από λογισμικό ανίχνευσης λογοκλοπής που διαθέτει το ΓΠΑ και διασταυρώθηκε η εγκυρότητα και η πρωτοτυπία της.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

| | |
|----------------------|---|
| Περίληψη.....σελ. | 3 |
| Abstract.....σελ. | 4 |
| 1. Εισαγωγή.....σελ. | 9 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Α'

| | |
|--|----|
| 2. Η Αιγοπροβατοτροφία στην Ελλάδα και στην Ευρώπη.....σελ. | 11 |
| 3. Συστήματα Εκτροφής Αιγοπροβάτων.....σελ. | 13 |
| 3.1 Συστήματα Εκτροφής που εφαρμόζονται στην Ελλάδα.....σελ. | 15 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Β'

| | |
|---|----|
| 4. Σύγχρονες τεχνολογίες στην κτηνοτροφία.....σελ. | 20 |
| 4.1 Κτηνοτροφία Ακριβείας – Precision Livestock Farming (PLF).....σελ. | 22 |
| 4.2 Γεωργία Ακριβείας – Precision Agriculture (PA).....σελ. | 24 |
| 4.3 Διαδίκτυο των Πραγμάτων – Internet of Things (IoT).....σελ. | 26 |
| 4.4 Υπολογιστική Νέφος – Cloud Computing (CC).....σελ. | 30 |
| 4.5 Σύστημα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων - Database Management System (DBMS).....σελ. | 34 |
| 4.6 Μεγάλα Δεδομένα – Big Data.....σελ. | 36 |
| 4.7 Τεχνητή Νοημοσύνη – Artificial Intelligence (A.I.)σελ. | 38 |
| 4.7.1 Τεχνολογίες που ενσωματώνονται στην Τεχνητή Νοημοσύνη.....σελ. | 39 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Γ'

| | |
|--|----|
| 5. Συστήματα εφαρμογών κτηνοτροφίας ακριβείας σε μικρά μηρυκαστικά. σελ. | 41 |
| 5.1 Συστήματα σήμανσης και καταγραφής αιγοπροβάτων.....σελ. | 42 |
| 5.2 Πρωτόκολλα Επικοινωνίας.....σελ. | 46 |

| | |
|---|----|
| 5.2.1 Ταυτοποίηση μέσω ραδιοσυχνοτήτων - Radio Frequency Identification (RFID).....σελ. | 47 |
| 5.3 Αισθητήρες - Sensors.....σελ. | 48 |
| 5.4 Σύστημα Παγκόσμιου Εντοπισμού Γεωγραφικής Θέσης – Global Positioning System (GPS).....σελ. | 52 |
| 5.5 Μη επανδρωμένα αεροχήματα - Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)σελ. | 55 |
| 5.6 Μη επανδρωμένα οχήματα εδάφους - Unmanned Ground Vehicles (UGVs)σελ. | 56 |
| 5.6.1 Μηχανική και Ρομποτική Άμελξη.....σελ. | 57 |
| 5.6.2 Αυτόματοι Διανομείς Τροφής.....σελ. | 60 |
| 5.7 Ανάλυση Εικόνας και Ήχου.....σελ. | 61 |
| 5.8 Μέτρηση Σωματικού Βάρους.....σελ. | 62 |
| 5.9 Παραδείγματα χρήσης Κ. Α. και Εφαρμογές.....σελ. | 63 |
| <u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ Δ'</u> | |
| 6. Πλεονεκτήματα Χρήσης Κτηνοτροφίας Ακριβείας.....σελ. | 69 |
| 7. Ζητήματα Ασφαλείας και Προβληματισμοί.....σελ. | 71 |
| <u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ε'</u> | |
| Πειραματικό Μέρος.....σελ. | 78 |
| Σκοπός της μελέτης.....σελ. | 79 |
| Υλικά και Μέθοδοι.....σελ. | 79 |
| Εκπαίδευση Συστήματος.....σελ. | 83 |
| Συσχέτιση συμπεριφοράς και δραστηριότητας του ζώου με ποιοτικά χαρακτηριστικά του γάλακτος.....σελ. | 84 |
| Αναλύσεις Γάλακτος.....σελ. | 85 |

| |
|---|
| Στατιστική Ανάλυση.....σελ. 85 |
| Αποτελέσματα.....σελ. 85 |
| Συζήτηση – Συμπεράσματα.....σελ. 91 |
| Ξένη Βιβλιογραφία - Αρθρογραφία – e-Books.....σελ. 95 |
| Ελληνική Βιβλιογραφία - Αρθρογραφία – e-Books.....σελ. 98 |
| Ιστότοποι.....σελ. 99 |
| Πηγές Εικόνων.....σελ. 101 |

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα αιγοπρόβατα από την εξημέρωσή τους και ειδικότερα από τότε που άρχισε η συστηματική εκτροφή τους, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην ζωή των ανθρώπων. Η στενή επαφή με τη φύση και η απομόνωση του κτηνοτρόφου (βοσκού) οδήγησαν σε μοναδικές πολιτισμικές ιδιαιτερότητες, που αποτελούν την παράδοση της κτηνοτροφίας και του ποιμενικού βίου. Σε ορισμένες χώρες η εποχική μετακίνηση των βοσκών και των κοπαδιών τους, μεταξύ των πεδινών καταφυγίων του χειμώνα και των ορεινών βοσκότοπων του καλοκαιριού, κατά μήκος συγκεκριμένων διαδρομών, εμπλούτισε την πολιτιστική παράδοση των ποιμενικών κοινοτήτων. Με τη συστηματική εκτροφή των αιγοπροβάτων εξασφαλίζεται εργασία σε εκατομμύρια ανθρώπων ανά τον κόσμο και αποτελεί μια σημαντική και συστηματική οικονομική δραστηριότητα, ενώ με την εκμετάλλευση των παραγωγικών τους ιδιοτήτων, προσφέρουν πολύτιμα προϊόντα υψηλής βιολογικής αξίας, όπως γάλα και κρέας για κατανάλωση και απaráμιλλης αντοχής και ποιότητας υλικά όπως μαλλί, για την ένδυση και δέρμα για διάφορες άλλες χρήσεις.

Η αιγοπροβατοτροφία θεωρείται ζωτικής σημασίας δραστηριότητα. Είναι ίσως η μόνη κτηνοτροφική εκμετάλλευση που έχει τόσο μακρά παράδοση, προσελκύοντας πολλούς νέους κτηνοτρόφους με την ενασχόλησή της. Τα αιγοπρόβατα από μόνα τους, είναι ικανά να αξιοποιούν αποτελεσματικότερα τη φτωχή βλάστηση μεγάλων εκτάσεων, στις οποίες καμία άλλη κτηνοτροφική δραστηριότητα δεν θα μπορούσε να αναπτυχθεί. Εάν καταρρεύσει ή έστω μειωθεί η συστηματική αυτή παραγωγική δραστηριότητα, τότε τεράστιες εκτάσεις θα εγκαταλειφθούν και άνθρωποι και πολιτισμός που έχουν επιβιώσει με τις λιγότερες μεταβολές από οποιαδήποτε άλλη δραστηριότητα του ανθρώπου, θα χαθούν.

Οι συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις των καταναλωτών για οικονομικότερα και ποιοτικότερα προϊόντα, προτρέπουν τους αιγοπροβατοτρόφους στη βελτίωση του γενότυπου των ζώων και των μεθόδων εκτροφής τους. Τα τελευταία χρόνια έχει σημειωθεί σημαντική πρόοδος όσον αφορά στη διαχείριση των λειμώνων, στη διατροφή, στην αναπαραγωγή και στην υγεία των ζώων με απώτερο στόχο, αύξηση της παραγωγικότητας και βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων. Η κτηνοτροφία και η γεωργία ακριβείας, δύο όροι αλληλένδετοι μεταξύ τους, δίνουν λύσεις μέσω της τεχνολογίας και της τεχνογνωσίας, για να συμβάλλουν στην αύξηση και στη βελτίωση της παραγωγικής διαδικασίας, με όσο το δυνατόν λιγότερο κόστος.

Βαδίζοντας πλέον στον 21ο αιώνα, διανύουμε την «3η Πράσινη Επανάσταση» ή αλλιώς «Ψηφιακή Αγροτική Επανάσταση» (Digital Agricultural Revolution). Χρησιμοποιώντας σύγχρονες τεχνολογίες στον αγρο-κτηνοτροφικό τομέα, οι οποίες θα οδηγήσουν στην ψηφιοποίηση και τον αυτοματισμό των αγρο-κτηνοτροφικών εργασιών, διευκολύνοντας έτσι τους παραγωγούς, ως προς το τμήμα της παραγωγικής διαδικασίας, τη λήψη αποφάσεων και την μετέπειτα προώθηση των

προϊόντων τους στην αγορά, αποσκοπώντας σε έναν πιο βιώσιμο τρόπο ζωής. Οι όροι «έξυπνες συσκευές (smart phone), διαδίκτυο των πραγμάτων (internet of things), υπολογιστική νέφους (cloud computing), βαθιά μάθηση (deep learning), τεχνητή νοημοσύνη (artificial intelligence) κ.α.», χρησιμοποιούνται όλο και πιο συχνά στην καθημερινότητα των ανθρώπων, βελτιώνοντας τον τρόπο ζωής, αφού απλοποιούν ορισμένες διαδικασίες και φυσικά μειώνουν το χρόνο τέλεσης πολλών εργασιών. Η χρήση της τεχνολογίας, ουσιαστικά βοηθά τους παραγωγούς, απλοποιώντας πολλές εργασίες που υπό άλλες συνθήκες θα ήταν χρονοβόρες, έως και αδύνατες.

Οι «έξυπνες» συσκευές, στις οποίες εγκαθίστανται απλές εφαρμογές, δίνουν τη δυνατότητα στους κτηνοτρόφους να παρακολουθούν το κοπάδι τους σε πραγματικό χρόνο και να επεμβαίνουν όταν και εφόσον χρειάζεται. Ο εκάστοτε γεωργός μπορεί εξίσου να παρακολουθεί τις καλλιέργειές του να δρα επιτόπια και να συγκεντρώνει πληροφορίες, έτσι ώστε να μπορεί να βελτιώνει την παραγωγή του. Με την κατάλληλη ενημέρωση και εκπαίδευση και λίγη επιπλέον θέληση και εξοικείωση με την τεχνολογία, κάθε άνθρωπος οποιουδήποτε μορφωτικού επιπέδου θα μπορεί να χρησιμοποιεί τέτοιες εφαρμογές. Άλλωστε, η εμπειρία νοείται ως η γνώση και η δεξιότητα που στηρίζεται στην παρατήρηση, αλλά κυρίως στην πρακτική εξάσκηση και αποκτάται με την πάροδο του χρόνου.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία γίνεται αναλυτική περιγραφή, σύμφωνα πάντα με την υπάρχουσα βιβλιογραφία, τις σχετικές έρευνες που έχουν γίνει και διάφορες πηγές του διαδικτύου, των διαφόρων μεθόδων εκτροφής αιγοπροβάτων, της κτηνοτροφίας και της γεωργίας ακριβείας και τους τρόπους που μπορεί μία εκτροφή να γίνει πιο αποδοτική με τη χρήση της τεχνολογίας. Η εργασία είναι χωρισμένη σε πέντε κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο περιγράφονται τα διάφορα συστήματα εκτροφής αιγοπροβάτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση και στην Ελλάδα. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται γενική περιγραφή των σύγχρονων τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται και στο τρίτο αναλύονται οι τεχνολογίες της κτηνοτροφίας ακριβείας και δίνονται ορισμένα παραδείγματα. Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφονται τα πλεονεκτήματα και τα ζητήματα ασφαλείας των τεχνολογιών. Στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο, που αποτελεί και το πειραματικό μέρος, περιγράφεται η εφαρμογή συσκευών γεωεντοπισμού και η καταγραφή συμπεριφορικών κινήσεων σε ποίμνια ημι-εκτατικών εκτροφών, μικρών μηρυκαστικών, με τη χρήση συσκευής που αναπτύχθηκε στα πλαίσια χρηματοδότησης του ερευνητικού προγράμματος με τίτλο «Ανάπτυξη νέων τεχνολογιών για τη διαχείριση των εκτατικά εκτρεφόμενων μικρών και μεγάλων μηρυκαστικών» που χρηματοδοτήθηκε στα πλαίσια της δράσης «ΠΕΠ-ΗΠΕΙΡΟΣ 2014-2020».

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Α'

2. Η ΑΙΓΟΠΡΟΒΑΤΟΤΡΟΦΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ

Στην Ευρώπη εκτρέφονται συνολικά 60.000.000 περίπου πρόβατα, ενώ οι αίγες φτάνουν τα 11.000.000 (EUROSTAT, 2022), με τη χώρα μας να κατέχει την τρίτη θέση σε αριθμό προβάτων και την πρώτη θέση σε αριθμό αιγών (EUROSTAT, 2022), Home-Eurostat (europa.eu). Η κύρια παραγωγική κατεύθυνση των περισσότερων αιγοπροβατοτροφικών εκμεταλλεύσεων είναι η κρεοπαραγωγική, ενώ η γαλακτοπαραγωγική περιορίζεται κυρίως στις νότιες περιοχές της Ευρώπης. Τα πλεονεκτήματα της εκτροφής αιγοπροβάτων είναι πολλά και θα αναφερθούν στη συνέχεια.

Αρχικά, συμβάλλει στην διάσωση του πολιτιστικού πλούτου και των παραδόσεων, λιγότερο αναπτυγμένων περιοχών με συγκεκριμένες κοινωνικές δραστηριότητες, ιδίως στη λεκάνη της Μεσογείου, όπου βρίσκεται και η Ελλάδα. Συμβάλλει επίσης στη διατήρηση της βιοποικιλότητας αφού τα αιγοπρόβατα εκτρέφονται κυρίως σε βοσκότοπους που βρίσκονται σε μειονεκτικές περιοχές και οι οποίοι δεν μπορούν να αξιοποιηθούν για άλλες καλλιέργειες. Η σωστή διαχείριση των βοσκοτόπων είναι καθοριστική, καθώς τόσο η υπερβολική βόσκηση όσο και η μειωμένη βόσκηση μπορούν να μειώσουν τη δέσμευση του άνθρακα ή να οδηγήσουν σε απώλεια άνθρακα στο έδαφος με δυσμενή αποτελέσματα καθώς και να υποβαθμίσουν τον ίδιο τον βοσκότοπο (Mendel, 2010). Σημαντική είναι και η επίδραση της αιγοπροβατοτροφίας στο οικοσύστημα, μέσω του ελέγχου της ανεπιθύμητης συγκέντρωσης βιομάζας και κατά συνέπεια τη μείωση του κινδύνου πυρκαγιών. Η βιώσιμη αιγοπροβατοτροφία στην Ευρωπαϊκή Ένωση εξασφαλίζει ότι η διατροφή των ζώων, αποτελείται από φυτά βοσκήσιμων εκτάσεων, υψηλής θρεπτικής αξίας, απαλλαγμένων χημικών ουσιών (ζιζανιοκτόνων, εντομοκτόνων), με αποτέλεσμα για τον Ευρωπαίο καταναλωτή, την κατανάλωση προϊόντων υψηλής βιολογικής αξίας και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών.

Η αιγοπροβατοτροφία στην Ελλάδα διαδραματίζει σημαίνοντα ρόλο τόσο για τις τοπικές κοινωνίες, όσο και για την εγχώρια οικονομία και αποτελεί τον σημαντικότερο κλάδο της ελληνικής κτηνοτροφίας, ενώ παράλληλα είναι και ο λιγότερο εκσυγχρονισμένος. Ασκεείται παραδοσιακά εδώ και χιλιάδες χρόνια και συνδέεται με κοινωνικές, πολιτιστικές και οικονομικές αξίες. Η παραδοσιακή προτίμηση των Ελλήνων στην κατανάλωση αιγοπρόβειου κρέατος και γαλακτοκομικών προϊόντων συντέλεσαν επίσης στην διατήρηση της αιγοπροβατοτροφίας (Ζυγογιάννης, 2014).

Ο πληθυσμός των προβάτων στη χώρα μας, ανέρχεται στα 7.378.400 και των αιγών στα 2.960.900 και αντιπροσωπεύει το 25% του πληθυσμού ολόκληρης της Ε.Ε. (EUROSTAT, 2022) Home - Eurostat (europa.eu). Σύμφωνα όμως με τα στοιχεία του Ολοκληρωμένου Συστήματος Διαχείρισης και Ελέγχου (ΟΣΔΕ) για το έτος 2021 τα αιγοπρόβατα ανήλθαν σε 16.064.663. Μεγάλη απόκλιση εμφανίζει το ζωικό κεφάλαιο των αιγοπροβάτων, σχετικά με τα νούμερα που ανακοινώνονται στην χώρα μας και στην Ε.Ε., ο λόγος που συμβαίνει αυτό δεν είναι απόλυτα διευκρινισμένος (<https://www.yraithros.gr/>). Η Ελλάδα διαθέτει τις περισσότερες γαλακτοπαραγωγικές φυλές στον Ευρωπαϊκό χώρο, όμως η συστηματική εκτροφή των αιγοπροβάτων ασκείται κυρίως για την παραγωγή κρέατος, ενώ το γάλα χρησιμοποιείται για την παραγωγή γαλακτοκομικών προϊόντων (Λάγκα, 2017). Το αιγοπρόβειο γάλα αποτελεί την πρώτη ύλη των περισσότερων ελληνικών τυριών προστατευόμενης ονομασίας προέλευσης (ΠΟΠ), στα οποία ανήκει και η φέτα.

Η φέτα είναι ένα λευκό τυρί υψηλής ποιότητας που παρασκευάζεται από πρόβειο ή από μίγμα αιγοπρόβειου γάλακτος, το οποίο ωριμάζει και αποθηκεύεται σε άλμη. Έχει συνήθως εύθραυστη μάζα, με ακανόνιστες οπές, ελαφρύ άρωμα και χαρακτηριστική γεύση κάτι που το έχει κατατάξει στις πρώτες θέσεις προτίμησης των καταναλωτών. Το όνομα “ΦΕΤΑ” κατοχυρώθηκε ως Προστατευόμενης Ονομασίας Προέλευσης (ΠΟΠ) με τον κανονισμό 1829/2002 της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Η αναφορά στο συγκεκριμένο τυρί γίνεται, διότι είναι παγκοσμίως γνωστό, ενώ στη χώρα μας έχει την υψηλότερη κατανάλωση. Το 2018 η παραγωγή τυριού φέτας στην Ελλάδα, έφτασε τους 126.875 τόνους που αντιπροσωπεύουν το 57,8% της συνολικής παραγωγής και το 90,4% μεταξύ των τυριών ΠΟΠ. Οι εξαγωγές ανήλθαν στους 78.700 τόνους αντιπροσωπεύοντας ένα συνάλλαγμα 430 εκατομμυρίων ευρώ, ενώ το 2022 η αύξηση ήταν τεράστια και οι εξαγωγές φέτας άγγιξαν τα 605 εκατομμύρια ευρώ (<https://www.newmoney.gr/>). Με βάσει τα παραπάνω στοιχεία, αναλογίζεται κανείς το μεγάλο οικονομικό όφελος της Ελλάδας, από τις πωλήσεις του συγκεκριμένου τυριού.

3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΚΤΡΟΦΗΣ ΑΙΓΟΠΡΟΒΑΤΩΝ

Το πρόβατο με το μικρό σωματικό του μέγεθος και το έντονο κοινωνικό του ένστικτο, ήταν από τα πρώτα ζώα που εξημερώθηκαν από τον άνθρωπο. Άλλωστε, μετά τον σκύλο θεωρείται ο αρχαιότερος σύντροφος του ανθρώπου (Mendel, 2010). Είναι λιτοδίαιτο και έχει την ικανότητα να εκμεταλλεύεται και την πλέον φτωχή βλάστηση, ενώ με τη μεγάλη προσαρμοστικότητα που το διακρίνει, κατάφερε να εξαπλωθεί γρήγορα σε ολόκληρο τον κόσμο. Η διασπορά αυτή σε παγκόσμια κλίμακα είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία πολλών διαφορετικών φυλών προσαρμοσμένων σε διαφορετικές συνθήκες και ανάλογα με τις ανάγκες των λαών που τις εκτρέφουν. Στις χώρες της Βόρειας και Κεντρικής Ευρώπης και των ΗΠΑ η κύρια παραγωγική κατεύθυνση είναι η κρεοπαραγωγική. Στις χώρες της Νοτιοανατολικής Ευρώπης, της Μέσης Ανατολής και της Βόρειας Αφρικής, η κυριότερη κατεύθυνση είναι η γαλακτοπαραγωγική, ενώ στην Ωκεανία και ειδικότερα στην Αυστραλία, η εριοπαραγωγή αποτελεί την κύρια παραγωγική κατεύθυνση (Ζυγογιάννης, 2014).

Η αίγα, όπως και το πρόβατο, θεωρείται ζώο πολλαπλών χρήσεων διότι εκτρέφεται για το γάλα το κρέας και το δέρμα της. Είναι ζώο λιτοδίαιτο και προσαρμόζεται εύκολα σε όλες τις συνθήκες αξιοποιώντας τους βοσκότοπους και ιδιαίτερα τους πιο υποβαθμισμένους, όσο κανένα άλλο αγροτικό ζώο (Λάγκα, 2017). Στις περισσότερες κεντροευρωπαϊκές και βόρειες χώρες εκτρέφεται σε πολύ περιορισμένο αριθμό σε οικόσιτο ή ημιοικόσιτο σύστημα, που στοχεύει κυρίως στην παραγωγή γάλακτος, που χρησιμοποιείται για την παραγωγή τυριών, ενώ το κρέας της είναι άνευ οικονομικής σημασίας. Αντίθετα οι Βαλκανικές χώρες, η Ιταλία και η Ιβηρική Χερσόνησος, που διαθέτουν σχεδόν το 90% των εκτρεφόμενων αιγών στον Ευρωπαϊκό χώρο, στρέφονται περισσότερο στην παραγωγή γάλακτος και κρέατος. Οι συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές, διαθέτουν μεγάλες βραχώδεις και επικλινείς εκτάσεις, καθώς και εκτάσεις με θαμνώδη βλάστηση που θεωρούνται ιδανικές για την ελεύθερη αιγοτροφία (Mendel, 2010).

Οι αίγες είναι από τα λίγα αγροτικά ζώα στον κόσμο που σε αναζήτηση τροφής, φτάνουν στις πιο απόκρημνες περιοχές, αφού διαθέτουν ευκινησία, ισορροπία και ικανότητα για αναρρίχηση. Ένα ακόμη χαρακτηριστικό τους είναι η ικανότητά τους να αξιοποιούν για τη διατροφή τους βλαστούς, κλαδιά ακόμη και φλοιούς δένδρων, γεγονός που διαμορφώνει και την αρνητική πλευρά της εκτροφής τους, όταν μάλιστα αυτή ασκείται κοντά σε αναδασωτές περιοχές. Το φυσικό, το κοινωνικο-οικονομικό περιβάλλον, οι εκτρεφόμενες φυλές και το σύνολο των μεθόδων που εφαρμόζει και αναπτύσσει ο αιγοπροβατοτρόφος, επηρεάζουν άμεσα και έμμεσα το σύστημα εκτροφής και το διαμορφώνουν ανάλογα (Mendel, 2010).

Η εκτροφή αιγοπροβάτων γίνεται σχεδόν αποκλειστικά σε όλο τον κόσμο, γύρω από τις ορεινές περιοχές και σχετίζεται με λιγότερο ανεπτυγμένα συστήματα. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια σχετική ανάπτυξη, ενώ ταυτόχρονα αυξάνεται η τάση για απλούστευση και βελτίωση, το οποίο συνεπάγεται απομάκρυνση από την παραδοσιακή εκτροφή. Τα συστήματα εκτροφής διακρίνονται σε εκτατικά και ημικτατικά, εντατικά και ημιεντατικά και σε μετακινούμενα και μη μετακινούμενα. Τα συστήματα που χαρακτηρίζονται από μετακίνηση των ποιμνίων (Migratory systems) απαντώνται συνήθως σε ξηρές και ημίξηρες περιοχές. Χαρακτηρίζονται από εκτατική εκτροφή ζώων, τα οποία πρέπει να είναι ανθεκτικά και λιτοδίαιτα, για να αντέχουν στο περπάτημα μεγάλων αποστάσεων και να μπορούν να χρησιμοποιούν αποτελεσματικά τη μειωμένη βλάστηση, ενώ ο αριθμός των ζώων που μπορούν να διατηρηθούν καθορίζεται από τη βοσκοϊκανότητα των λειμώνων (Ζυγογιάννης, 2014). Το εκτατικό μετακινούμενο σύστημα εκτροφής περιλαμβάνει το νομαδικό (nomadic system) και το ημινομαδικό ή μεταναστευτικό σύστημα (semi-nomadic ή transhumance system). Το νομαδικό σύστημα χαρακτηρίζεται από τη συνεχή μετακίνηση ζώων και ανθρώπων και πρόκειται για το πιο εκτατικό σύστημα εκτροφής. Συναντάται σε χώρες της Αφρικής και της Ασίας και εφαρμόζεται σε περιοχές με φτωχή βλάστηση, όπου οι βροχοπτώσεις είναι σπάνιες. Η λέξη “νομαδικό” έχει ελληνικές ρίζες και προέρχεται από τη λέξη “νομάς” που σημαίνει αυτός που εξασφαλίζει (νέμει) βοσκή στο κοπάδι του και τη λέξη “οδός” (δρόμος) δηλαδή που το οδηγεί μέσω μονοπατιών (Λάγκα, 2017). Οι νομάδες είναι μέλη μιας κοινότητας ανθρώπων, που ζουν σε διαφορετικές τοποθεσίες. Παραμένουν για όσο διάστημα υπάρχει αρκετή τροφή και νερό και μετακινούνται με τα ζώα τους σε προκαθορισμένες διαδρομές. Οι αντίξοες συνθήκες και η απουσία κοινωνικής ζωής του νομά, όπως και η δυσκολία διαχείρισης του γάλακτος που παράγουν τα ζώα του οδηγεί το συγκεκριμένο σύστημα εκτροφής σε μια φθίνουσα πορεία, μέχρι την τελική εξάλειψή του.

Το ημινομαδικό ή μεταναστευτικό σύστημα είναι η εξέλιξη του νομαδικού, εφαρμόζεται κυρίως στις χώρες της νότιας και νοτιοανατολικής Ευρώπης, της Μέσης Ανατολής, της κεντρικής και νοτιοανατολικής Ασίας και ορισμένες περιοχές της Αφρικής. Το σύστημα αυτό χαρακτηρίζεται από τη μετακίνηση του κοπαδιού, με τον κτηνοτρόφο και την οικογένειά του, ή μέλη αυτής, από τους χειμερινούς βοσκότοπους όπου διατηρούνται οι μόνιμες κατοικίες και ο στάβλος των ζώων (χειμαδιά) για μερικούς μήνες του έτους. Συνήθως η μετακίνηση γίνεται κατά τα μέσα της άνοιξης σε ορεινούς βοσκότοπους (θέρετρα), που λόγω του υψομέτρου και των χιονοπτώσεων έχουν αυξημένη βλάστηση υψηλότερης ενεργειακής αξίας για τη δημιουργία αποθέματος, ώστε τα ζώα να μπορούν να αντιμετωπίσουν τις αντίξοες καιρικές συνθήκες του χειμώνα. Οι τοκετοί και ένα μέρος της γαλακτοπαραγωγής πραγματοποιούνται στα πεδινά, ενώ οι επιβάσεις και το υπόλοιπο της γαλακτοπαραγωγής στα ορεινά (Ζυγογιάννης, 2014; Λάγκα, 2017).

Το ημιεντατικό (semi-intensive system) και το εντατικό (intensive system) αφορούν αποκλειστικά μη μετακινούμενα συστήματα εκτροφής. Το ημιεντατικό σύστημα εφαρμόζεται στις ευρωπαϊκές χώρες της Μεσογείου και αποτελεί φυσική εξέλιξη του εκτατικού συστήματος και κυρίως του ημινομαδικού. Στο ημιεντατικό σύστημα εκτροφής, τα ζώα δεν μετακινούνται και τρέφονται ελεύθερα σε ιδιόκτητους ή κοινόχρηστους βοσκότοπους πλησίον του στάβλου. Στις ημιεντατικές εκτροφές θα μπορούσαν να ανήκουν και οι οικοσίτες ή ημιοικόσιτες, οι οποίες είναι και οι λιγότερο διαδεδομένες. Στις συγκεκριμένες εκτροφές τα ζώα θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως κατοικίδια, διότι διατηρούνται κοντά στις κατοικίες των ανθρώπων, διατρέφονται με συμπυκνωμένες ή συγκομιζόμενες χονδροειδής ζωοτροφές ή υπολείμματα της διατροφής της οικογένειας και συμπληρωματικά βόσκουν σε παρακείμενους λειμώνες. Πρόκειται για ζώα υψηλών αποδόσεων, βελτιωμένων γαλακτοπαραγωγικών φυλών που συνήθως εκτρέφονται για τις ανάγκες της οικογένειας (Λάγκα, 2017).

Το εντατικό ή μόνιμο σύστημα θεωρείται και το πιο οργανωμένο, καθώς τα ζώα διατηρούνται σε μόνιμες εγκαταστάσεις, η βόσκησή τους είναι ελεγχόμενη και δεν επιτρέπεται η ελεύθερη μετακίνησή τους, με αποτέλεσμα την προφύλαξή τους από τις αντίξοες συνθήκες του περιβάλλοντος και από τυχόν θηρευτές. Ανάλογα με τον τόπο διαμονής διακρίνεται σε πεδινό, ημιορεινό και ορεινό. Το πεδινό λειτουργεί όταν οι συνθήκες του περιβάλλοντος είναι ευνοϊκότερες και οι φυλές είναι υψηλότερων αποδόσεων. Το ορεινό και ημιορεινό σύστημα λειτουργεί σε λιγότερο ευνοϊκές συνθήκες, όπου και η εξασφάλιση των ζωοτροφών είναι πιο δύσκολη. Οι αποδόσεις των ζώων είναι χαμηλότερες άρα και τα οικονομικά έσοδα λιγότερα.

3.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΚΤΡΟΦΗΣ ΑΙΓΟΠΡΟΒΑΤΩΝ ΠΟΥ ΕΦΑΡΜΟΖΟΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Στην Ελλάδα τα συστήματα εκτροφής διαμορφώθηκαν ανάλογα με τις κοινωνικο-οικονομικές και εδαφοκλιματικές συνθήκες της κάθε περιοχής και από τις ήδη υπάρχουσες φυλές. Από τις 26 συνολικά ελληνικές φυλές προβάτων, οι 6 έχουν εξαφανισθεί, ενώ οι υπόλοιπες 20 έχουν κύρια κατεύθυνση τη γαλακτοπαραγωγή συνδυασμένη με την παραγωγή κρέατος και δευτερευόντως με την παραγωγή μαλλιού. Έχουν δημιουργηθεί χωρίς ουσιαστική ανθρώπινη επέμβαση, μέσω κυρίως της δράσης της φυσικής επιλογής και χαρακτηρίζονται για την αξιοθαύμαστη προσαρμοστικότητα και ανθεκτικότητα που τις καθιστά πραγματικά ασυναγώνιστες (Λάγκα, 2017). Όσον αφορά στην εγχώρια αιγοτροφία περιορίζεται συνήθως στις νησιωτικές και ορεινές - ημιορεινές περιοχές, ενώ οι ελληνικές φυλές έχουν διασταυρωθεί με ξένες και δύσκολα πλέον αναγνωρίζονται. Στον ελλαδικό χώρο δύο είναι πλέον οι αυτόχθονες αναγνωρισμένες φυλές, η φυλή Σκοπέλου και ο εγχώριος πληθυσμός αιγών (Λάγκα, 2017).

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μια τάση περισσότερης κατανάλωσης αίγιου γάλακτος, που συγκριτικά με το πρόβειο και το αγελαδινό, περιέχει λιγότερο λίπος και πρωτεΐνες, ενώ είναι πλουσιότερο σε ασβέστιο, φώσφορο, σίδηρο και άλλα ιχνοστοιχεία καθώς και βιταμίνες. Εξίσου άριστη είναι και η διαιτητική αξία του κατσικίσιου κρέατος, που θεωρείται ισάξια με του πρόβειου, ενώ είναι επίσης πιο χαμηλό σε λιπαρά. Ακόμη, το δέρμα της αίγας θεωρείται υψηλής ποιότητας και περιζήτητη πρώτη ύλη για την υποδηματοποιία και τη γουνοποιία. Οι αίγες εκ φύσεως είναι ζώα που δύσκολα περιορίζονται γι' αυτό και η εντατική ή ενσταυλισμένη εκτροφή τους σπανίζει.

Το οικόσιτο ή ημιοικόσιτο σύστημα αποτελείται από μικρό αριθμό ζώων που διατρέφονται και με συμπυκνωμένες ζωοτροφές, ενώ εφαρμόζεται σε περιορισμένη κλίμακα. Το ημινομαδικό ή μετακινούμενο, κατά το οποίο τα ζώα μετακινούνται σε ορεινές και ημιορεινές περιοχές τους καλοκαιρινούς μήνες και επιστρέφουν το χειμώνα στα πεδινά, τα τελευταία χρόνια εφαρμόζεται σε περιορισμένες περιπτώσεις, ενώ τείνει να εγκαταλειφθεί, εκτός από τις ορεινές περιοχές της χώρας, που αποτελεί ακόμη βασική προϋπόθεση επιβίωσης και δίνει τη δυνατότητα αξιοποίησης των ορεινών βοσκότοπων. Το πιο διαδεδομένο σύστημα είναι το ημιεντατικό, κατά το οποίο τα ζώα στεγάζονται σε μόνιμες απλές εγκαταστάσεις κοντά στους οικισμούς και βόσκουν καθ' όλη τη διάρκεια του έτους στις γύρω περιοχές. Ο κύριος όγκος του πληθυσμού των αιγοπροβάτων, εκτρέφεται σε ημιεντατικό ή εντατικό σύστημα και αποτελείται από μεγάλο αριθμό ζώων, υψηλών αποδόσεων, που διαβιούν σε σύγχρονες σταβλικές εγκαταστάσεις.

1) Στο εντατικό σύστημα εκτροφής περιλαμβάνονται (Ζυγογιάννης, 2014; Λάγκα, 2017):

α) Το **οικόσιτο** που αφορά στην εκτροφή μικρού αριθμού ζώων (1-10 ανά οικογένεια), που μένουν συνήθως σε αυτοσχέδιο στάβλο και τρέφονται κυρίως με χονδροειδής ζωοτροφές. Η εκτροφή τους αποσκοπεί στην κάλυψη των αναγκών της οικογένειας σε ζωικά υποπροϊόντα. Τα ζώα που εκτρέφονται σε αυτό το σύστημα ανήκουν συνήθως σε βελτιωμένες φυλές, αλλά οι αποδόσεις τους είναι μικρότερες από το μέσο όρο.

β) Το **ημιοικόσιτο** αποτελεί παραλλαγή του οικόσιτου, αλλά με μεγαλύτερο αριθμό εκτρεφόμενων ζώων (περίπου 20-25), η διατροφή των οποίων εξασφαλίζεται με τη μεγαλύτερη παραμονή στους βοσκότοπους και με συγκομιζόμενες ζωοτροφές.

γ) Το **ενσταυλισμένο (εικ.1)**, που έχει ως κύριο χαρακτηριστικό την αναζήτηση ζώων υψηλών αποδόσεων, με ελάχιστη έως καθόλου χρήση των βοσκότοπων και τη διατροφή τους, να αποτελείται σχεδόν ή αποκλειστικά από χονδροειδής και συμπυκνωμένες ζωοτροφές. Συνήθως νεότεροι σε ηλικία κτηνοτρόφοι ασχολούνται με το συγκεκριμένο σύστημα εκτροφής, με τις εγκαταστάσεις τους να βρίσκονται κοντά ή και γύρω από μεγάλα αστικά κέντρα και τη χρήση αμελκτικής μηχανής, που θεωρείται απαραίτητη. Σημαντικό μειονέκτημα είναι το μεγάλο κόστος της συγκεκριμένης επένδυσης που καθίσταται πολλές φορές απαγορευτικό.



Εικόνα 1: Ενσταυλισμένη μονάδα εντατικής εκτροφής προβάτων [πηγή εικόνων : 1]

- 2) Στο **ημιεντατικό (εικ.2)**, όπου τα ποίμνια κινούνται εντός ή/ και εκτός της κοινότητας κατά το μεγαλύτερο διάστημα του έτους, εφόσον οι καιρικές συνθήκες το επιτρέπουν, αξιοποιώντας έτσι τους φυσικούς βοσκότοπους. Με αυτό το σύστημα εκτρέφεται ο μεγαλύτερος πληθυσμός, περίπου ~82% των προβάτων στη χώρα μας. Χαρακτηριστικό του συγκεκριμένου συστήματος εκτροφής είναι οι μεγάλης ηλικίας κάτοχοι των μονάδων και το χαμηλότερο κόστος επένδυσης που όμως φέρει ικανοποιητικά οικονομικά αποτελέσματα.



*Εικόνα 2: Ημιεντατικό σύστημα εκτροφής, κτηνοτρόφος του νομού Αιτ/νίας
[πηγή: προσωπικό αρχείο]*

3) Στο ημινομαδικό ή μεταναστευτικό, που έχει ως κύριο χαρακτηριστικό το μεγάλο αριθμό εκτρεφόμενων ζώων (άνω των 200), την ύπαρξη μόνιμης εγκατάστασης και τη μετακίνηση των ζώων δύο φορές το χρόνο. Την Άνοιξη, περίπου στα μέσα Απριλίου τα ποίμνια μετακινούνται στα ορεινά και εκτός του δημοτικού διαμερίσματος στο οποίο είναι η βάση τους, για την αξιοποίηση των φυσικών βοσκότοπων, ενώ το φθινόπωρο, γύρω στα μέσα Οκτωβρίου, επιστρέφουν στα πεδινά (χειμαδιά) και σιτίζονται κυρίως με συγκομιζόμενες ή συμπυκνωμένες ζωοτροφές του εμπορίου. Το εν λόγω σύστημα εξακολουθεί να υφίσταται αλλά σε περιορισμένη κλίμακα και με πολύ διαφορετικές συνθήκες διαβίωσης των κτηνοτρόφων συγκριτικά με τα παλαιότερα έτη, ενώ τα οικονομικά αποτελέσματα που προσδίδει είναι αρκετά ικανοποιητικά.

Για τη χώρα μας, ιδανικό σύστημα εκτροφής θα μπορούσε να θεωρηθεί το ημιεντατικό, το οποίο είναι άλλωστε και το πιο διαδεδομένο και το εντατικό που εφαρμόζεται κοντά σε αστικές περιοχές. Σε αυτά τα συστήματα εκτροφής, υπάρχει δυνατότητα αυξημένης παραγωγής προϊόντων, με σχετικά καλά ποιοτικά χαρακτηριστικά, δυνατότητα επιλογής ελληνικών ή/ και ξένων φυλών, με αρκετά υψηλό γενετικό δυναμικό, ενώ η εκτροφή των ζώων, μπορεί να συνδυαστεί με την καλλιέργεια εκτάσεων εξασφαλίζοντας έτσι, τις ιδιοπαραγόμενες ζωοτροφές. Η διαβίωση των ζώων γίνεται σε οργανωμένες εγκαταστάσεις, καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, ενώ δίνεται η δυνατότητα στον κτηνοτρόφο να παρακολουθεί την υγεία των ζώων του, έχοντας άμεση πρόσβαση σε ιατροφαρμακευτική περίθαλψη και καλύτερες συνθήκες εργασίας και κοινωνικής ζωής για τον ίδιο. Οι επενδύσεις των εντατικών συστημάτων εκτροφής, είναι πολύ μεγάλες. Οι ποσότητες και η ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων, ειδικά όταν τα ζώα δεν είναι υψηλών αποδόσεων, πολλές φορές θεωρείται μη αποδοτική. Επιπλέον κόστος προκύπτει και από τυχόν εγκατάσταση αμελκτικού συγκροτήματος, που όμως θεωρείται απαραίτητο για τη λήψη γάλακτος χαμηλού μικροβιακού φορτίου. Προβλήματα επίσης δημιουργούνται στη διαχείριση των αποβλήτων, στον έλεγχο των ασθενειών και των παρασίτων των ζώων και στην διαρκή υπερβόσκηση των ίδιων λειμώνων. Η αλόγιστη άσκηση της κτηνοτροφίας, η οποία περιλαμβάνει ακατάλληλο αριθμό ζώων καθώς και λανθασμένο σύστημα βόσκησης, μπορεί να προκαλέσει ερημοποίηση των βοσκήσιμων εκτάσεων, ιδιαίτερα στις ξηρές και ημίξηρες περιοχές της χώρας, ιδίως όταν παρατηρείται έντονη ξηρασία. Για την αποφυγή τέτοιων δυσμενών καταστάσεων, κρίνεται απαραίτητη η χρήση τεχνολογικών συστημάτων που μπορούν να τις προβλέψουν εγκαίρως πριν δημιουργηθούν επιπλέον προβλήματα. Από την άλλη, η εκτατική κτηνοτροφία είναι συμβατή με το περιβάλλον και αποτελεί παράγοντα οικολογικής ισορροπίας, ενώ παράλληλα συμβάλλει στην οικονομική αναζωογόνηση των ορεινών και μειονεκτικών περιοχών αν συνδυαστεί με την τεχνολογία (Μπεόπουλος, Παπαδόπουλος, 2008).

Πρέπει όμως να ασκηθεί λελογισμένα με παράλληλη λήψη όλων των αναγκαίων νομοθετικών, τεχνικών και πολιτικών μέτρων που θα επιτρέψουν την εναρμόνισή της με το περιβάλλον. Η εξέλιξη της αιγοπροβατοτροφίας στην Ελλάδα από πλευράς υιοθέτησης σύγχρονων λύσεων τεχνολογικής προόδου, βρίσκεται ακόμη σε εμβρυϊκό στάδιο και οφείλεται κυρίως στην έλλειψη εκπαίδευσης και εξοικείωσης με την τεχνολογία, των κτηνοτρόφων που η πλειοψηφία τους είναι μεγάλης ηλικίας, χαμηλού μορφωτικού επιπέδου και δύσκολα αλλάζουν συνήθειες. Ένα ακόμη μείζον πρόβλημα που αντιμετωπίζει ο κλάδος είναι οι αλλαγές των κοινωνικοοικονομικών συνθηκών των τελευταίων ετών. Αυτές οφείλονται στην ενεργειακή κρίση, στον εν εξελίξει Ρωσο-Ουκρανικό πόλεμο, που οδήγησαν σε κατακόρυφη αύξηση των τιμών των ζωοτροφών και ενέργειας, καθώς επίσης και στην απουσία πολιτικής και άλλοτε εσφαλμένης λήψης μέτρων, όπως η κατασκευή προβληματικών έργων υποδομής, που έχουν ως αποτέλεσμα την επιδείνωση της κτηνοτροφίας, υποβαθμίζοντας την σε πολλές περιοχές της χώρας.

Στις 9 Απριλίου του 2019 που έχει οριστεί ως η «Ψηφιακή Ημέρα», 24 κράτη – μέλη της Ε.Ε. υπέγραψαν μια συμφωνία για «Ένα έξυπνο και βιώσιμο ψηφιακό μέλλον για την Ευρωπαϊκή γεωργία και τις αγροτικές περιοχές» (A smart and sustainable digital future for European agriculture and rural areas), αναγνωρίζοντας τις δυνατότητες των ψηφιακών τεχνολογιών, που μπορούν να συμβάλουν στην αντιμετώπιση σημαντικών και επειγουσών οικονομικών, κοινωνικών, κλιματικών και περιβαλλοντικών προκλήσεων, που αντιμετωπίζει ο αγροδιατροφικός τομέας της Ε.Ε. και οι αγροτικές περιοχές (European Commission, official website- European Commission) (europa.eu). Οι εργασίες διαχείρισης ενός αγροκτήματος, θα εξαρτώνται από τη συλλογή δεδομένων και την μετέπειτα επεξεργασία τους, η οποία θα βελτιώνει την παραγωγική διαδικασία με όσο το δυνατόν χαμηλότερο κόστος. Οι παραγωγοί θα έχουν τη δυνατότητα να παρακολουθούν ατομικά κάθε ζώο, τις συνθήκες που διαβιεί, τη μείωση των μεταδιδόμενων ασθενειών, την αύξηση των αποδόσεων των καλλιεργειών τους, καθώς και τη μείωση κατανάλωσης φυσικών πόρων, ζωοτροφών, νερού, κλπ. και διάφορες άλλες παραμέτρους (Φούντας - Γέμτος, 2015).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Β'

4. ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΤΗΝ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑ

Η υιοθέτηση ψηφιακών τεχνολογιών στη φυτική και ζωική παραγωγή, που χρησιμοποιούνται με σκοπό τη βελτίωση των μεθόδων, την καλύτερη διαβίωση των ζώων και γενικότερα τη διευκόλυνση της εργασίας των ανθρώπων, μπορεί να συμβάλλει στη διαμόρφωση ενός πιο βιώσιμου και αποτελεσματικού συστήματος. Με τη συνεχή εξέλιξη της τεχνολογίας μπορούν να δημιουργηθούν συνεχώς νέες εφαρμογές. Η αυτοματοποίηση συστημάτων τροφοδοσίας και άμελξης των ζώων με τη χρήση ρομποτικών συστημάτων, για τη βελτίωση της παραγωγής και της υγιεινής του γάλακτος, είναι κάποια από τα πρώτα επιτεύγματα της μηχανικής, που έχουν πλέον ενταχθεί και αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητας των κτηνοτρόφων. Οι όροι «Έξυπνη Κτηνοτροφία» και «Έξυπνη Γεωργία», συγχέονται με τις έννοιες της «Κτηνοτροφίας Ακριβείας» (Precision Livestock Farming PLF) και «Γεωργίας Ακριβείας» (Precision Agriculture), διότι αποτελούν την ανάπτυξή τους, μέσω εξέλιξης της τεχνολογίας. Η γεωργία και η κτηνοτροφία ανέκαθεν παρουσίαζαν προοπτικές εξέλιξης, διότι οι διατροφικές ανάγκες των ανθρώπων συνεχώς αυξάνονται, με αποτέλεσμα να αναζητούνται νέες λύσεις πιο αποδοτικές, με λιγότερο φόρτο εργασίας και με όσο το δυνατόν το ελάχιστο οικολογικό αποτύπωμα (Αναστασοπούλου, 2022). Ο όρος «έξυπνο» (smart) τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται για να περιγράψει τις δυνατότητες ορισμένων συσκευών, απαραίτητων στην καθημερινότητα των ανθρώπων, που εξελίσσονται συνεχώς, έτσι ώστε να ικανοποιούν περισσότερες ανάγκες, με την ελάχιστη δυνατή προσπάθεια.. Στη συνέχεια αναφέρονται ορισμένες τεχνολογικές κατευθύνσεις των έξυπνων συσκευών, που χρησιμοποιούνται σήμερα για να βελτιώσουν και να απλοποιήσουν κάποιες εργασίες (<https://www.athinodromio.gr/>).

Βελτίωση αισθήσεων

Μια βασική λειτουργία των έξυπνων συσκευών είναι να «συναισθάνονται» τη φύση γύρω τους. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση ενσωματωμένων αισθητήρων στις συσκευές, που λειτουργούν με τη βοήθεια της τεχνητής νοημοσύνης αντικαθιστώντας τις ανθρώπινες αισθήσεις. Γενικότερα, η χρήση ηλεκτρονικών αισθητήρων προσφέρει πολύ καλύτερες μετρήσεις σε σχέση με τα ανθρώπινα αισθητήρια όργανα. Δίνεται έτσι η δυνατότητα να προβλέπονται έγκαιρα διάφορες καταστάσεις, μόνο από τις ενδείξεις των συγκεκριμένων αισθητήρων. Ένα παράδειγμα είναι η χρήση «έξυπνων» συσκευών για την πρόβλεψη των πυρκαγιών. Εάν οι αισθητήρες των συσκευών, μετρήσουν υψηλές θερμοκρασίες ή υψηλή συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα στον αέρα, ενημερώνουν εγκαίρως. Τέτοιες συσκευές χρησιμοποιούνται σε πολλά μέρη για μέτρηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα και του νερού στα δίκτυα ύδρευσης.

Αυτοματισμός

Η ανάπτυξη «έξυπνων» συσκευών έφερε αλλαγές και σε καθημερινές οικιακές συσκευές. Οι συσκευές, αυτές περιλαμβάνουν έναν επεξεργαστή και μπορούν να τρέχουν υποτυπώδη προγράμματα στο εσωτερικό τους ενσωματώνοντας λογική (τεχνητή νοημοσύνη) στη λειτουργία τους. Ένα παράδειγμα είναι το οικιακό κλιματιστικό, που με τη χρήση θερμομέτρων, εσωτερικά και εξωτερικά του χώρου, μπορεί να ρυθμίζει αυτόματα τη λειτουργία του, ώστε να διατηρείται μια σταθερή θερμοκρασία ανάλογα με την εποχή και τις καιρικές συνθήκες. Επίσης μια πολύ ενδιαφέρουσα υλοποίηση της συγκεκριμένης τεχνολογίας βρίσκεται στα ηλεκτρικά ψυγεία. Ο χρήστης καταγράφει σε μια εφαρμογή τα τρόφιμα που αποθηκεύονται μέσα στο ψυγείο του και στη συνέχεια η συσκευή ρυθμίζει τη θερμοκρασία, βάσει της ποσότητας και του είδους των τροφών που περιέχει, συμπεριλαμβάνοντας και την εξωτερική θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Έτσι, επιτυγχάνεται τόσο η διατήρηση της φρεσκάδας των τροφίμων όσο και η παράταση του χρόνου ζωής τους.

Ρομποτική

Η λέξη ρομπότ προέρχεται από την τσέχικη λέξη «robotnik» που σημαίνει εργαζόμενος (<https://www.wikipedia.org/>). Σύμφωνα με την Robotic Industries Association (RIA), «Ρομπότ είναι ένας αυτόματα ελεγχόμενος, πολυλειτουργικός, επαναπρογραμματιζόμενος, ειδικευμένος χειριστής, ο οποίος έχει σχεδιαστεί με σκοπό να μετακινεί διάφορα υλικά ή τμήματα υλικών, εργαλεία ή συγκεκριμένες συσκευές μέσα από μία ποικιλία προγραμματισμένων κινήσεων βοηθώντας στην εκτέλεση ενός πλήθους εργασιών» (<https://www.inc.com/encyclopedia/robotics.html>) . Σχετικές έρευνες στο πεδίο της ρομποτικής, βοήθησαν στην δημιουργία Αυτόνομων Ρομποτικών Συστημάτων (ARS), με σκοπό να εκτελούν εργασίες και να λαμβάνουν αποφάσεις σε πραγματικό χρόνο, χωρίς καμία ανθρώπινη παρέμβαση. Τα τελευταία χρόνια, διάφορα ρομποτικά συστήματα χρησιμοποιούνται και στον τομέα της Γεωργίας και Κτηνοτροφίας Ακριβείας. Τρία πολύ σημαντικά παραδείγματα, που θα περιγραφούν στη συνέχεια, αποτελούν τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα (UAVs), τα μη επανδρωμένα οχήματα εδάφους (UGVs) καθώς και τα ρομποτικά συστήματα άμελξης.

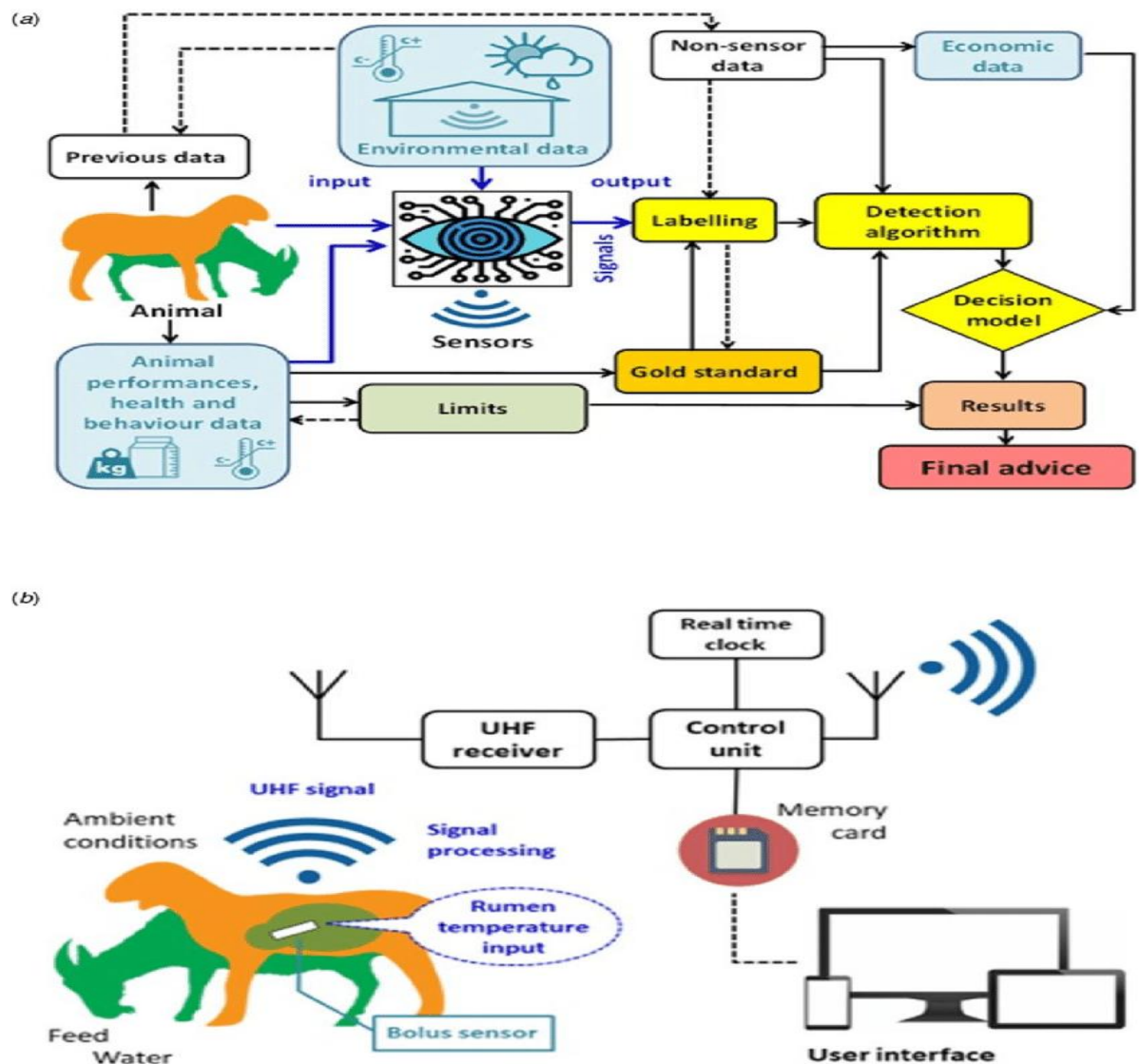
4.1 ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ - PRECISION LIVESTOCK FARMING (PLF)

Ως κτηνοτροφία ακριβείας, ορίζεται η ενσωμάτωση σύγχρονων τεχνολογιών στα διάφορα στάδια του κύκλου παραγωγής των ζώων και στην εξαγωγή πληροφοριών που μπορούν εύκολα να εφαρμοστούν στα διάφορα στάδια διαχείρισης, εστιάζοντας τόσο στο ζώο, όσο και στο περιβάλλον (Berckmans, 2014). Στόχος είναι η αυτόματη παρακολούθηση, η μοντελοποίηση, η διαχείριση της ζωικής παραγωγής και η καλύτερη και πιο ακριβής αξιολόγηση της υγείας, της ευημερίας, της παραγωγικότητας και της γονιμότητας των ζώων (Rosa, 2021; Buller et al., 2020). Ο κτηνοτρόφος έχει συνεχή και ακατάπαυστη πρόσβαση στη ροή χρήσιμων δεδομένων της εκτροφής του, με σκοπό την ταχύτερη και ακριβέστερη λήψη κρίσιμων αποφάσεων, που θα συμβάλλουν στην εξοικονόμηση κεφαλαίων και πόρων, με ταυτόχρονη εξασφάλιση της ποιότητας και του όγκου παραγωγής. Τα δεδομένα λαμβάνονται από τη χρήση αισθητήρων ή/και συσκευών που φέρουν τα ζώα, οι οποίες εφάπτονται με το σώμα τους, ή τοποθετούνται περιμετρικά της εγκατάστασης που διαβιούν και μπορούν να εντοπίζουν διάφορες παραμέτρους όπως (Buller et al., 2020):

- ❖ Ζωτικούς δείκτες: θερμοκρασία σώματος, καρδιακούς παλμούς, αρτηριακή πίεση, ορμονικά επίπεδα κ.α.
- ❖ Χημικούς μεταβολίτες: συσχέτιση με stress, τοξικότητα, παθογόνα κ.α.
- ❖ Δραστηριότητα των ζώων και πρότυπα συμπεριφοράς: αδυναμία όρθιας στάσης, χωλότητες, επιτάχυνση, ανταπόκριση ή μη σε ερεθίσματα κ.α.
- ❖ Αλλαγές στην κατανάλωση τροφής ή νερού: χρόνος μηρυκασμού, συχνότητα γευμάτων
- ❖ Αλλαγές στο περιβάλλον εκτροφής: θερμοκρασία, υγρασία, ταχύτητα αέρα κ.α.
- ❖ Αλλαγές στις φωνητικές αποκρίσεις: παθολογικές καταστάσεις, ανωμαλίες οίστρου, καταπόνηση, συναισθήματα κ.α.
- ❖ Πληροφορίες γεωγραφικής θέσης

Η κτηνοτροφία ακριβείας μπορεί να αναπτυχθεί ευκολότερα σε εντατικά συστήματα εκτροφής, όπου οι δομές και οι εγκαταστάσεις είναι κατάλληλες για τις ανάγκες της ψηφιοποίησης (περιορισμένος χώρος, έλεγχος των περιβαλλοντικών συνθηκών, εύκολη πρόσβαση σε ηλεκτρική ενέργεια, πρόσβαση σε τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών) (Herlin et al., 2021). Στα εκτατικά συστήματα εκτροφής ο έλεγχος των ζώων σε καθημερινή βάση είναι πιο δύσκολος. Γίνονται συνεχώς προσπάθειες σχετικά με τη χρήση ψηφιακών εργαλείων, για την αξιολόγηση της ευζωίας των ζώων, κατά τη διάρκεια της βόσκησης και την υιοθέτηση τεχνολογικών εφαρμογών.

Στην «**εικόνα 3**» που ακολουθεί, δίνεται ένα παράδειγμα χρήσης κτηνοτροφίας ακριβείας (PLF). Στην πρώτη εικόνα (a) παρουσιάζεται ένα γενικευμένο σχήμα ροής πληροφοριών που ξεκινάει από τα δεδομένα που συλλέγονται από τους αισθητήρες και καταλήγει στην τελική λήψη αποφάσεων, ανάλογα με αυτά τα δεδομένα. Στη δεύτερη εικόνα (b) δίνεται συγκεκριμένο παράδειγμα ενός ενδοστομαχικού βόλου (παρ.5.1), που καταγράφει τη θερμοκρασία και μέσω υπέρυθρων μεταδίδει τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο στις συσκευές αποθήκευσης (ηλεκτρονικούς υπολογιστές, έξυπνα κινητά τηλέφωνα, tablet) (Cajal et al., 2020).



Εικόνα 3: Λειτουργία PLF [πηγή εικόνων: 2]

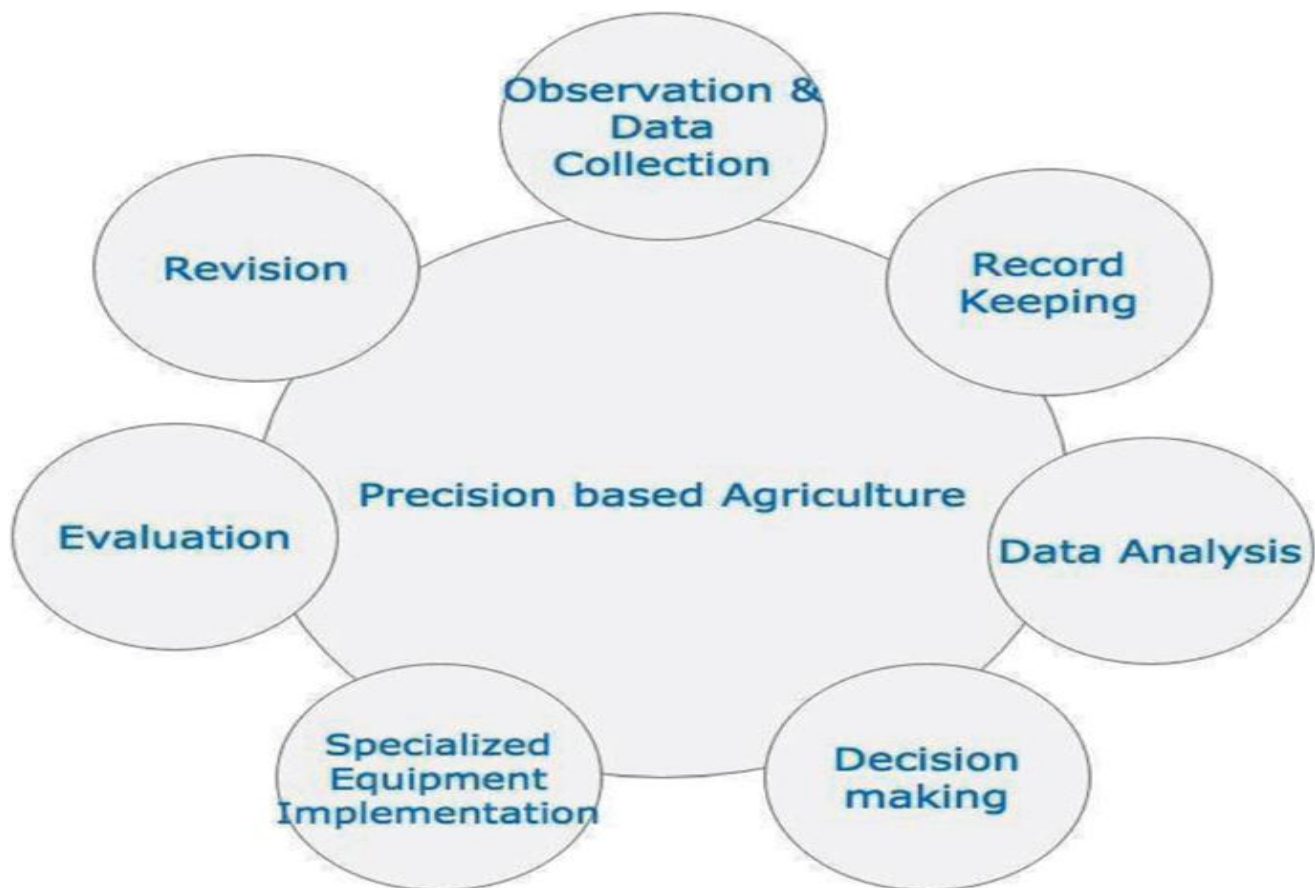
4.2 ΓΕΩΡΓΙΑ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ – PRECISION AGRICULTURE (PA)

Η γεωργία, αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της κτηνοτροφίας γιατί πολύ απλά δίχως γεωργικές καλλιέργειες δεν θα υπήρχαν ζωοτροφές. Η γεωργία ακριβείας, αποτελεί μια νέα μέθοδο γεωργικής πρακτικής, η οποία χρησιμοποιεί πληροφορίες με σαφήνεια προσδιορισμένη ως προς το χώρο και το χρόνο, προκειμένου να μεγιστοποιήσει την αποδοτικότητα των εισροών και να ελαχιστοποιήσει τις περιβαλλοντικές τους επιπτώσεις, αξιοποιώντας πλήθος διαθέσιμων δεδομένων. Τα δεδομένα που συλλέγονται μπορεί να αφορούν στο μικροκλίμα και το οικοσύστημα της εκάστοτε γεωργικής καλλιέργειας, όπως είναι ο φωτισμός, η θερμοκρασία, η κατάσταση του εδάφους, η υγρασία, τα επίπεδα CO₂, καθώς και πιθανές προσβολές των καλλιεργειών από διάφορες ασθένειες. Στόχος είναι η αύξηση της απόδοσης της παραγωγής με ταυτόχρονη βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων, η προστασία του εδάφους και των υπόγειων υδάτων, η μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και τέλος η ορθολογικότερη και αποτελεσματικότερη χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων (Castrignano et al., 2020).

Τα οφέλη χρήσης της γεωργίας ακριβείας συνήθως συνοψίζονται σε δύο κατηγορίες, περιβαλλοντικές και οικονομικές. Τα περιβαλλοντικά οφέλη περιλαμβάνουν την ικανότητα μείωσης ή στρατηγικής τοποθέτησης εισροών ή τη λήψη αποφάσεων διαχείρισης, με σκοπό τη μείωση των επιπτώσεων στους φυσικούς πόρους. Τα οικονομικά οφέλη, σχετίζονται με τις αποφάσεις που πρέπει να ληφθούν έτσι ώστε να υπάρχει αύξηση των εσόδων και μείωση του λειτουργικού κόστους με στόχο τη βέλτιστη βιωσιμότητα (Φούντας - Γέμτος, 2015; Brase, 2009). Η γεωργία ακριβείας βασίζεται σε τεχνολογίες ικανές να καταγράφουν με ακρίβεια την υπάρχουσα κατάσταση στο αγρόκτημα, στη συνέχεια να διαχειρίζονται τις συγκεντρωμένες πληροφορίες και δεδομένα και τέλος να προτείνουν ή να εφαρμόζουν κατάλληλες πρακτικές έτσι ώστε να καλύπτουν τις ανάγκες κάθε σημείου και κάθε χρονικής στιγμής ξεχωριστά.

Για την επίτευξη των ανωτέρω χρησιμοποιούνται οι εξής τεχνολογίες που διαρκώς εξελίσσονται:

- Συστήματα και μηχανισμοί καταγραφής δεδομένων όπως χάρτες αποδόσεων, εργαστηριακές αναλύσεις, τηλεπισκόπηση (Remote Sensing), συστήματα παγκόσμιου εντοπισμού γεωγραφικής θέσης (Global Positioning System – GPS), έξυπνες συσκευές και όργανα (Intelligent Devices and Implements – IDI), ηλεκτρονικοί υπολογιστές, κ.ά.
- Συστήματα διαχείρισης και απόδοσης αποτελεσμάτων, όπως Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα (Geographical Information Systems – GIS)
- Συστήματα μεταβαλλόμενης εφαρμογής, π.χ. λιπασματοδιανομείς, σπορείς, ψεκαστήρες, κ.ά.



Εικόνα 4: Λειτουργία Γεωργίας Ακριβείας [πηγή εικόνων: 3]

Η συλλογή των δεδομένων γίνεται από διαφορετικές πηγές χρήσης νέων τεχνολογιών, όπως είναι το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT), η χρήση αισθητήρων ανίχνευσης, δορυφορικών εικόνων, μη επανδρωμένων οχημάτων εδάφους (UGV) και εναέριων μέσων (UAV), αγροτικών ρομπότ, με αποτέλεσμα τη συλλογή ενός τεράστιου συνόλου δεδομένων, τα οποία αποκαλούνται «Μεγάλος Όγκος Δεδομένων» (Big Data). Άλλες τεχνολογίες, όπως είναι η Τεχνητή Νοημοσύνη, η Υπολογιστική Νέφος, η Μηχανική Μάθηση κ.ά., παρέχουν λύσεις σχετικά με τη διατήρηση, τη διαχείριση, την αποθήκευση και την ανάλυση, του μεγάλου αυτού όγκου δεδομένων.

Οι παραπάνω τεχνολογίες, οι οποίες ενσωματώνονται σε εφαρμογές γεωργίας ακριβείας, χρησιμοποιούνται από τους αγρότες, ιδίως στις αναπτυγμένες χώρες, συνδυαστικά με κάποιες παραδοσιακές μεθόδους. Έτσι, επιτυγχάνεται μια ομαλή μετάβαση από τις συμβατικές τεχνικές προς την καινοτομία, καθώς εντοπίζονται τα λάθη που έγιναν στο παρελθόν και δεν επαναλαμβάνονται στο μέλλον. Παράλληλα, διασφαλίζεται η διαδικασία παραγωγής τροφίμων, σε παγκόσμιο επίπεδο και ελαχιστοποιούνται πιθανές ανησυχίες των καταναλωτών, σχετικά με την προέλευση των τροφίμων που καταναλώνουν (Castrignano et al., 2020).

4.3 ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ ΤΩΝ ΠΡΑΓΜΑΤΩΝ – INTERNET OF THINGS (IoT)

Ο όρος «Διαδίκτυο των Πραγμάτων –Internet of Things (IoT)» περιγράφει το τεχνολογικό άλμα των ευφών αισθητήρων που είναι διασυνδεδεμένοι σε ένα δίκτυο και έχουν τη δυνατότητα να μεταδίδουν τιμές μετρήσιμων μεγεθών, με σκοπό την επεξεργασία τους και την ανάληψη συγκεκριμένης δράσης. Το IoT αναφέρεται στην τεχνολογία που αποτελεί το δίκτυο επικοινωνίας όλων των συσκευών που ενσωματώνουν αισθητήρες, με το ανάλογο λογισμικό και μέσω αυτού είναι ικανές να ανταλλάσσουν πληροφορίες μεταξύ τους μέσω του διαδικτύου (web). Πιο απλά, μέσω του IoT οι έξυπνες συσκευές είναι ικανές να «επικοινωνούν» μεταξύ τους μέσω του παγκόσμιου ιστού ([What is the internet of things? | IBM](#)).



Εικόνα 5: Λειτουργία IoT [πηγή εικόνων: 4]

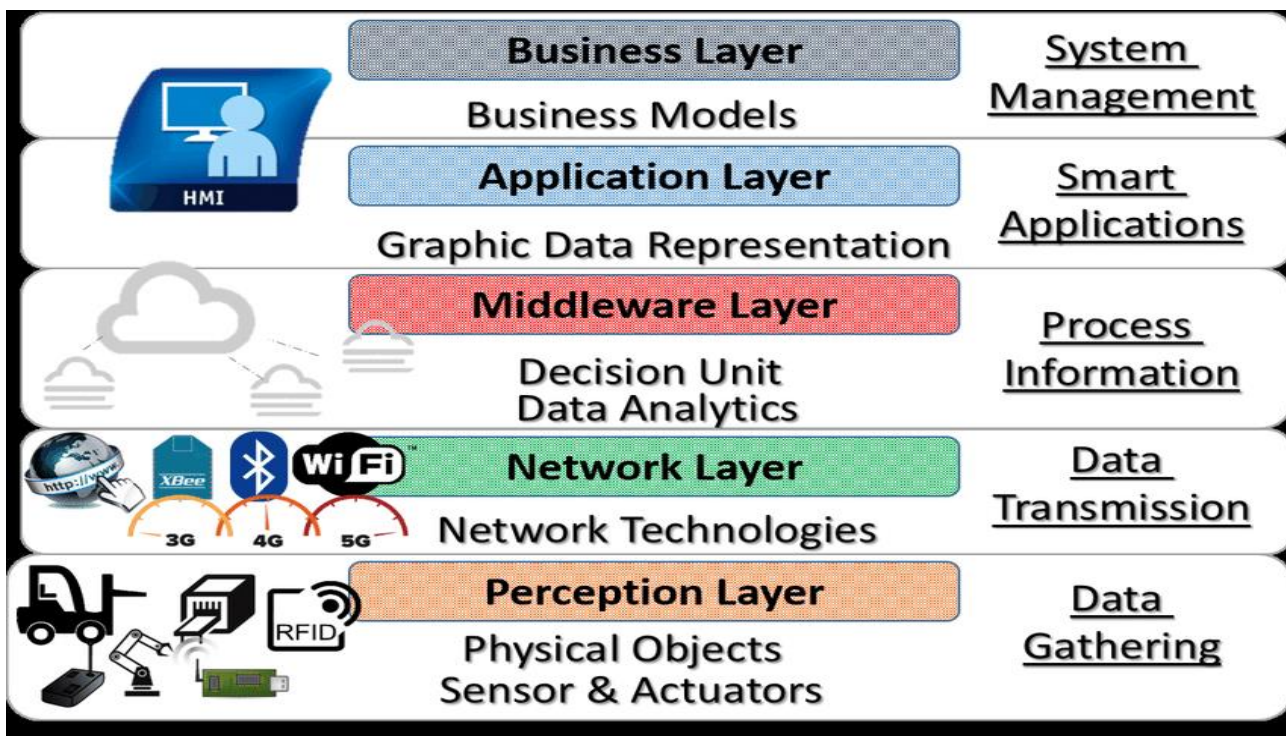
Ο όρος «πράγματα» (things) αναφέρεται σε ένα πλήθος διαφορετικών υλικών μέσων (συσκευών), όπως οχήματα, οικιακές συσκευές, κινητά τηλέφωνα, ρολόγια, ακόμα και φωτεινούς σηματοδότες, η διασύνδεση των οποίων μπορεί να γίνεται είτε ασύρματα είτε ενσύρματα, με τη χρήση οποιασδήποτε τεχνολογίας δικτύωσης. Το βασικό χαρακτηριστικό μιας συσκευής, ώστε να μπορεί να θεωρηθεί ότι ανήκει στο IoT είναι η ικανότητα σύνδεσης και ανταλλαγής πληροφοριών με τη χρήση του διαδικτύου.

Συνδυάζοντας τις δυνατότητες συνδεσιμότητα με διάφορα συστήματα αυτοματισμού και ρομποτικής, κατασκευάζονται νέες συσκευές, στις οποίες δίνεται η δυνατότητα συγκέντρωσης πληροφοριών, ανάλυσης και εκτέλεσής τους σε λιγότερο χρόνο, ώστε να εξυπηρετούν τους ανθρώπους στην εκτέλεση διαφόρων εργασιών. Η τεχνολογία αυτή, συνδυάζει τις γνώσεις ανάμεσα στα δίκτυα επικοινωνιών και την τεχνολογία λογισμικού, ώστε να δημιουργήσει παγκόσμια δίκτυα συσκευών, που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους προσφέροντας νέες δυνατότητες. Το «οικοσύστημα των πραγμάτων» αποτελείται από έξυπνες συσκευές (smartphones, smartwatches, κ.α.) που χρησιμοποιούν ενσωματωμένους μικροεπεξεργαστές, αισθητήρες και ενεργοποιητές, μια μονάδα επικοινωνίας και προμήθεια ισχύος για να συλλέγουν και να μεταδίδουν πληροφορίες. Ο τρόπος επικοινωνίας διαφέρει από συσκευή σε συσκευή και εξαρτάται από τον τύπο της εφαρμογής που καλύπτει η κάθε μία. Επειδή υπάρχουν πραγματικά χιλιάδες διαφορετικές συσκευές, που συνδέονται διαδικτυακά στο «οικοσύστημα», είναι πολύ δύσκολο να δημιουργηθεί κάποιο πρότυπο λειτουργίας που περιγράφει το IoT (υπολογίζεται ότι το 2020 υπήρχαν περίπου 30 δισεκατομμύρια συσκευές διασυνδεδεμένες στο IoT) (<https://www.wikipedia.org/>).

Η εφαρμογή του τελικού χρήστη αποτελεί το βασικό περιβάλλον για να παρακολουθεί και να χειρίζεται κάποιος τις έξυπνες συσκευές. Για αυτές τις διαδικασίες απαιτείται η ανάπτυξη ενός εξειδικευμένου λογισμικού για την κάθε συσκευή, ώστε να μπορεί να μεταφράζει και να επεξεργάζεται τα δεδομένα που μεταφέρονται από και προς αυτήν. Οι εφαρμογές αυτές πρέπει να είναι συνδεδεμένες στο διαδίκτυο και να «τρέχουν» πάνω σε κάποιον εξυπηρετητή (server), ώστε να είναι εφικτή η επικοινωνία (Παναγιωτόπουλος, 2019). Παράλληλα, χρησιμοποιούνται διάφορα πρωτόκολλα επικοινωνίας επιτυγχάνοντας έτσι, τη συνδεσιμότητα ανάμεσα στις συσκευές. Οι περισσότερες εταιρείες κατασκευής «έξυπνων» συσκευών, προσφέρουν δικούς τους εξυπηρετητές, που αναλαμβάνουν την επικοινωνία με τις συσκευές και ο τελικός χρήστης χρειάζεται απλώς να εγκαταστήσει μόνο μία εφαρμογή στο έξυπνο κινητό του τηλέφωνο ή στον προσωπικό του υπολογιστή για να μπορεί να τις χρησιμοποιήσει και στη συνέχεια η εφαρμογή αναλαμβάνει την επικοινωνία με τον εξυπηρετητή της εταιρείας. Έτσι δεν χρειάζεται κάθε φορά που αποκτάται μια νέα συσκευή να ρυθμίζεται ένα ολόκληρο δίκτυο επικοινωνίας για να μπορέσει να λειτουργήσει. Αντιθέτως, για μεγάλες βιομηχανικές εφαρμογές χρειάζεται να κατασκευαστεί από την αρχή τόσο το δίκτυο, όσο και το λογισμικό, γεγονός εξαιρετικά χρονοβόρο και δαπανηρό.

Η αρχιτεκτονική του IoT, αποτελεί ένα περίβλημα και παρουσιάζει τη δομή και τις προδιαγραφές του δικτύου, ανάλογα με τις εργασίες που εκτελούνται. Αποτελείται από ένα μοντέλο **πέντε επιπέδων** (layers) (εικ.6), που από τη βάση προς την κορυφή καθορίζονται ως εξής (Nobrega et al., 2019):

- 1) Επίπεδο Ανίχνευσης και Ταυτοποίησης ή Αντίληψης (Device ή Perception Layer):** Αποτελείται από τα φυσικά αντικείμενα και τις συσκευές αισθητήρων που έχουν την ικανότητα να ανιχνεύουν και να αναγνωρίζουν τα δεδομένα. Οι αισθητήρες μπορεί να είναι τύπου RFID (Radio Frequency Identification Tags), 2D-barcode, GPS (Global Positioning System), έξυπνες συσκευές ή συσκευές υπερύθρων, ανάλογα με τη μέθοδο ταυτοποίησης των αντικειμένων. Το συγκεκριμένο επίπεδο ασχολείται με την αναγνώριση και τη συλλογή πληροφοριών των αντικειμένων, από τις συσκευές αισθητήρων. Ανάλογα με τον τύπο των αισθητήρων, οι πληροφορίες μπορούν να αφορούν στην τοποθεσία, στη θερμοκρασία, στην κατεύθυνση, στην κίνηση, στους κραδασμούς, στην επιτάχυνση, στην υγρασία, στις χημικές αλλαγές στον αέρα κλπ. Στη συνέχεια οι πληροφορίες που συλλέγονται, διαβιβάζονται στο επίπεδο δικτύου, για την ασφαλή μετάδοσή τους στο σύστημα επεξεργασίας πληροφοριών.
- 2) Επίπεδο Δικτύου ή Επίπεδο Μετάδοσης (Network Layer ή Transmission Layer):** Το επίπεδο δικτύου μεταφέρει τις πληροφορίες με ασφάλεια, από τις συσκευές αισθητήρων στο σύστημα επεξεργασίας πληροφοριών. Το μέσο μετάδοσης μπορεί να είναι ενσύρματο ή ασύρματο και η τεχνολογία μπορεί να είναι 3G, 4G, 5G, UMTS, Wifi, Bluetooth, Υπερύθρων, ZigBee κ.α., ανάλογα με τις συσκευές των αισθητήρων. Το επίπεδο δικτύου μεταφέρει τις πληροφορίες από το επίπεδο ανίχνευσης και ταυτοποίησης, στο επίπεδο ενδιάμεσου λογισμικού (Middleware).
- 3) Επίπεδο Ενδιάμεσου Λογισμικού (Middleware Layer):** Οι συσκευές, μέσω του IoT, εφαρμόζουν διαφορετικούς τύπους υπηρεσιών. Κάθε συσκευή συνδέεται και επικοινωνεί μόνο με τις συσκευές που εφαρμόζουν τον ίδιο τύπο υπηρεσίας. Αυτό το επίπεδο είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση υπηρεσιών και συνδέεται με τη βάση δεδομένων (DBMS). Επεξεργάζεται τις πληροφορίες, από το επίπεδο δικτύου, τις αποθηκεύει στη βάση δεδομένων, ενώ παράλληλα λαμβάνει αυτόματα αποφάσεις σύμφωνα με τα αποτελέσματα.
- 4) Επίπεδο Εφαρμογής (Application Layer):** Παρέχει παγκόσμια διαχείριση της ανάλογης εφαρμογής με βάση τις πληροφορίες αντικειμένων που επεξεργάζεται στο Επίπεδο Ενδιάμεσου Λογισμικού.
- 5) Επαγγελματικό Επίπεδο (Business Layer):** Η αρμοδιότητα του συγκεκριμένου επιπέδου, είναι η διαχείριση του συνολικού συστήματος IoT, συμπεριλαμβανομένων των εφαρμογών και των υπηρεσιών. Κατασκευάζει επιχειρηματικά μοντέλα, γραφήματα, διαγράμματα ροής κ.λ.π., με βάση τα δεδομένα που λαμβάνονται από το επίπεδο εφαρμογής. Η επιτυχία της τεχνολογίας του IoT εξαρτάται από τα καλά επιχειρηματικά μοντέλα. Βάση της ανάλυσης των αποτελεσμάτων, εξυπηρετεί στον προσδιορισμό μελλοντικών ενεργειών και επιχειρηματικών στρατηγικών.



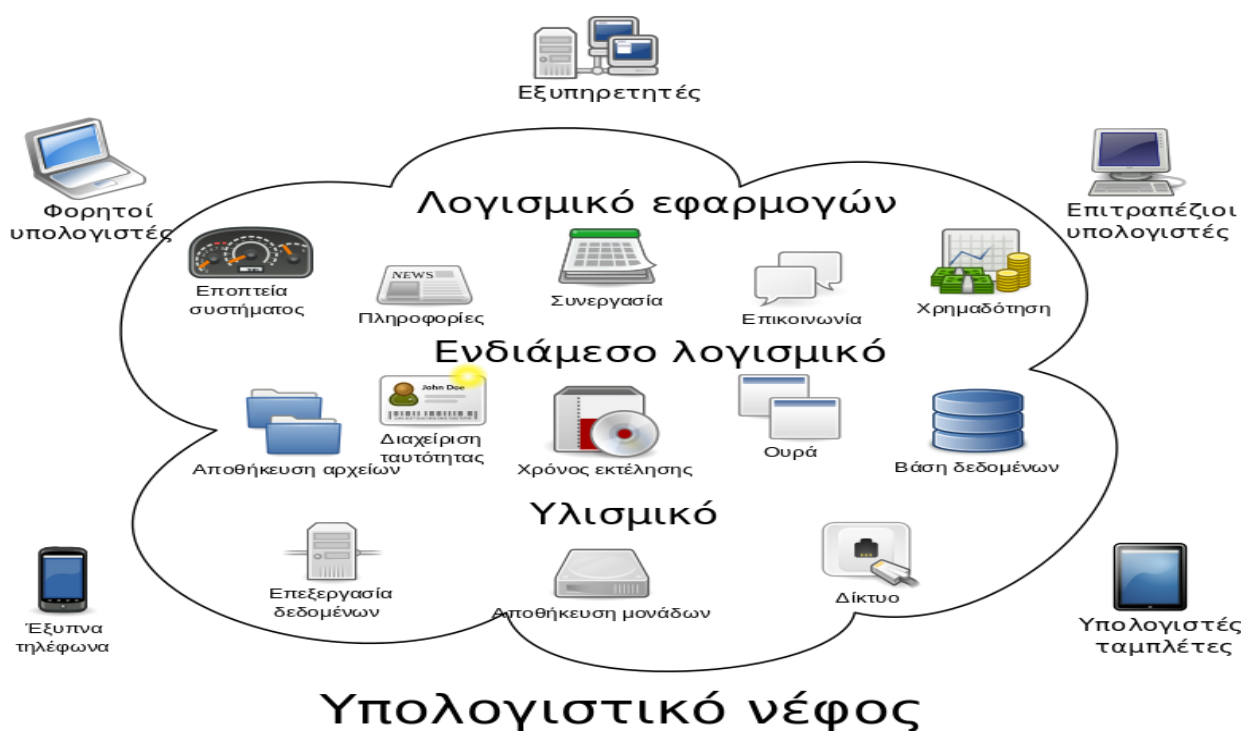
Εικόνα 6: Επίπεδα IoT [πηγή εικόνων: 5]

Το IoT ουσιαστικά δίνει νόημα στην κτηνοτροφία και τη γεωργία ακριβείας, διότι αποτελεί τη βάση εφαρμογής όλων των αναλύσεων, την επεξεργασία στοιχείων και την εξαγωγή συμπερασμάτων, τη συλλογή δεδομένων, προκειμένου να εξυπηρετηθούν οι αυξημένες παραγωγικές ανάγκες, καθώς και να μειωθούν οι όποιες απώλειες (Στρίκος, 2022). Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας του διαδικτύου, οι δυνατότητες εξέλιξης της γεωργίας και της κτηνοτροφίας τα επόμενα έτη είναι αμέτρητες και έπεται ένα ευοίωνο μέλλον για τους παραγωγούς.

Συμπερασματικά, το IoT παρουσιάζεται ως ένα σύνολο, στο οποίο συμπεριλαμβάνονται διαφορετικές τεχνολογίες, όπως η τεχνολογία RFID (Radio Frequency Identification), τα δίκτυα ασύρματων αισθητήρων (WSN) και διάφορες άλλες συσκευές, ενώ παράλληλα αλληλεπιδρά και με νέες τεχνολογίες, όπως είναι η Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence – AI), η Βαθιά Μάθηση (Deep Learning) και η ανάλυση των Μεγάλων Δεδομένων (Big Data Analysis), στις οποίες θα γίνει αναλυτική περιγραφή στη συνέχεια.

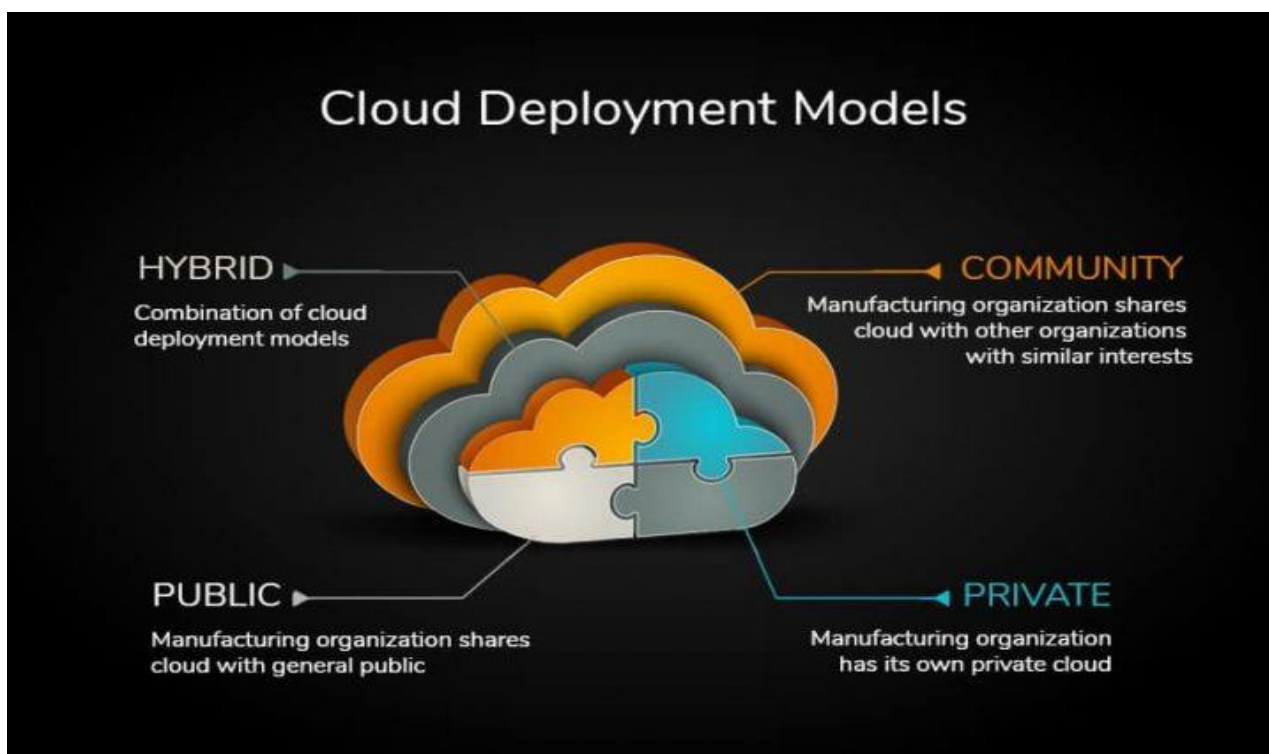
4.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΝΕΦΟΣ – CLOUD COMPUTING (CC)

Με τον όρο «Υπολογιστική Νέφος» (Cloud Computing), νοείται η παροχή υπολογιστικών ή πληροφοριακών πόρων, όπως λογισμικού, εφαρμογών και υπηρεσιών μέσω του διαδικτύου από κεντρικά συστήματα, που βρίσκονται απομακρυσμένα από τον τελικό χρήστη, τα οποία τον εξυπηρετούν αυτοματοποιώντας διαδικασίες και παρέχοντας ευκολία και ευελιξία σύνδεσης. Με πιο απλά λόγια το Cloud Computing, αποσκοπεί στη χρήση δικτύου απομακρυσμένων εξυπηρετητών (servers), οι οποίοι βρίσκονται κάπου στο διαδίκτυο (internet), προκειμένου να αποθηκεύονται, να διαχειρίζονται και να επεξεργάζονται δεδομένα (<https://www.wikipedia.org/>). Αντί ο καθένας να υλοποιεί και να συντηρεί με ίδια κεφάλαια τις δικές του πληροφοριακές υποδομές, δίνεται η δυνατότητα με τη χρήση υπηρεσιών, από παρόχους υπηρεσιών υπολογιστικής νέφους όπως είναι οι IBM, Microsoft Azure, Amazon Web Services (AWS) κ.ά., να υπάρχει πρόσβαση σε πόρους όπως, υπολογιστική ισχύς, αποθηκευτικός χώρος, εφαρμογές λογισμικού και βάσεις δεδομένων σε μία συνδρομητική βάση. Με την υπολογιστική νέφος δίνεται η δυνατότητα ακόμα και σε μικρομεσαίες επιχειρήσεις, να χρησιμοποιήσουν καινοτόμες μεθόδους, να μπορούν να συνεργάζονται μεταξύ τους, να ανταλλάσσουν πληροφορίες σχετικά με το ζωικό το φυτικό τους κεφάλαιο, οι οποίες αποθηκεύονται και είναι διαθέσιμες μέσω του Cloud.



Εικόνα 7: Υπολογιστική Νέφος [πηγή εικόνων: 6]

Ο όρος Νέφος (Cloud) μπορεί να αναφέρεται τόσο στις υποδομές υλικού όσο και στις υποδομές λογισμικού των κέντρων δεδομένων. Όταν ένα Νέφος είναι διαθέσιμο για το ευρύ κοινό ονομάζεται δημόσιο (internet). Οι υποδομές του συγκεκριμένου Νέφους μπορεί να είναι διαθέσιμες δωρεάν ή επί πληρωμή προς τους χρήστες, ενώ η ιδιοκτησία και η υποστήριξή του, ανήκουν σε έναν οργανισμό ο οποίος εμπορεύεται τέτοιες υπηρεσίες. Όταν έχει κατασκευαστεί για τις ανάγκες μιας εταιρείας ή ενός οργανισμού και δεν παρέχει πρόσβαση στο ευρύ κοινό, τότε ονομάζεται ιδιωτικό (private / intranet). Όταν οι υποδομές και οι υπηρεσίες του Νέφους χρησιμοποιούνται από κάποια κοινότητα ανθρώπων, με κοινά χαρακτηριστικά ως προς τις ανάγκες ή τις απαιτήσεις τους ονομάζεται κοινοτικό (community cloud). Η διαχείριση ενός τέτοιου δικτύου γίνεται είτε από την ίδια την κοινότητα είτε παραχωρείται σε κάποιον τρίτο. Όταν η σύνθεση αποτελείται από δύο ή περισσότερα Νέφη (δημόσια, ιδιωτικά ή κοινοτικά), τα οποία διατηρούν τη μοναδικότητά τους, αλλά διασυνδέονται ταυτόχρονα μέσω των κατάλληλων τεχνολογιών, προκειμένου να παρέχεται η φορητότητα των δεδομένων και των εφαρμογών, χρησιμοποιώντας πάντα ασφαλή δίκτυα, τότε ονομάζονται υβριδικά (hybrid/ inter cloud).



Εικόνα 8: Μοντέλα Υπολογιστικής Νέφους [πηγή εικόνων: 7]

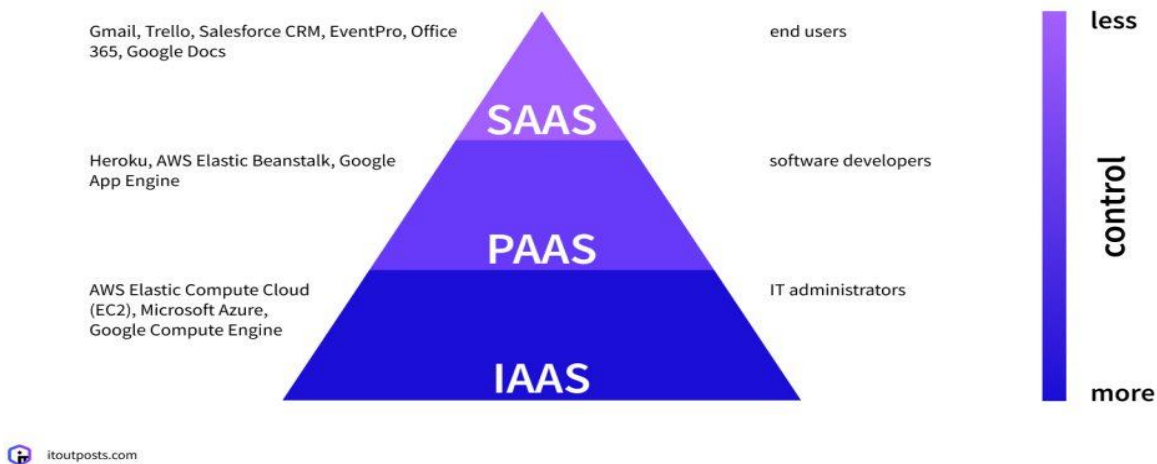
Τα μοντέλα υπολογιστικής νέφους (cloud deployment models) διακρίνονται ακόμα σε (uowm.gr):

- 1) **Desktop Computing**, όπου χρησιμοποιείται ένας απλός τοπικός υπολογιστής προκειμένου να εκτελούνται διάφορες υπολογιστικές εφαρμογές και εργαλεία.
- 2) **Client – Server Computing**, στο οποίο πραγματοποιούνται οι λειτουργίες και του εξυπηρετητή (server) και του πελάτη (client) για το διαμερισμό πληροφοριών, όπου πολλοί πελάτες έχουν πρόσβαση σε βάσεις δεδομένων που τους στέλνονται από πολλούς εξυπηρετητές.
- 3) **Cluster Computing**, όπου ένα σύνολο από όμοιες υπολογιστικές μονάδες που συνυπάρχουν και λειτουργούν ταυτόχρονα, προσφέρουν υπηρεσίες ως μία μονάδα.
- 4) **Grid Computing**, όπου διαφορετικές υπολογιστικές μονάδες που βρίσκονται σε διαφορετικά μέρη, λειτουργούν ταυτόχρονα προσφέροντας υπηρεσίες ως μια μονάδα. Στο Cluster και στο Grid Computing χρησιμοποιούνται ιδιαίτερα ευφυής αλγόριθμοι για την κατανομή του υπολογιστικού φόρτου. Τέλος το Cloud Computing αποτελείται από συνδυασμό του Cluster και του Grid παρέχοντας ένα τεράστιο σύνολο από κοινόχρηστες υπηρεσίες πληροφορικής κατ' απαίτηση (on demand), με τη χρήση μιας κοινόχρηστης διαδικτυακής υποδομής, σε μια συνδρομητική βάση, με ελάχιστους διαχειριστικούς πόρους.

Οι τέσσερις βασικές υπηρεσίες υπολογιστικής νέφους είναι οι εξής (<https://www.wikipedia.org/>):

- 1) **Software as a Service (SaaS)**: Αντί να εγκαθίσταται λογισμικό στον υπολογιστή του πελάτη επιβαρύνοντάς τον με τακτικές επιδιορθώσεις, τα προγράμματα διατίθενται για συνεχή χρήση μέσω του διαδικτύου.
- 2) **Platform as a Service (PaaS)**: Αντί ο πελάτης να αγοράζει τις άδειες λογισμικού για διάφορες πλατφόρμες, λειτουργικά συστήματα, βάσεις δεδομένων και ενδιάμεσο λογισμικό, έχει τη δυνατότητα να τα χρησιμοποιεί μέσω της συγκεκριμένης πλατφόρμας.
- 3) **Infrastructure as a Service (IaaS)**: Πρόκειται για συσκευές, όπως οι εικονικοί υπολογιστές, οι διακομιστές, οι συσκευές αποθήκευσης και μεταφοράς μέσω δικτύου, οι οποίες βρίσκονται σε ένα κέντρο δεδομένων (data center). Δίνεται η δυνατότητα προσπέλασης για να χρησιμοποιηθούν από το διαδίκτυο, χρησιμοποιώντας συστήματα ελέγχου ταυτότητας σύνδεσης και κωδικούς προσβασιμότητας από οποιοδήποτε τερματικό ή συσκευή.
- 4) **Desktop as a Service (DaaS)**: Η επιφάνεια εργασίας του υπολογιστή προσφέρει μια υποδομή εικονικής επιφάνειας εργασίας (Virtual Desktop Infrastructure – VDI), που φιλοξενείται από έναν πάροχο λογισμικού Νέφους και βασίζεται συνήθως σε ένα μηνιαίο συνδρομητικό μοντέλο. Το DaaS χρησιμοποιεί μια αρχιτεκτονική πολλαπλών μισθώσεων, που σημαίνει ότι μια εφαρμογή χρησιμοποιείται από πολλούς χρήστες, που αναφέρονται ως «ενοικιαστές».

Ο πάροχος λύσεων λογισμικού Νέφους, είναι υπεύθυνος διαχείρισης της υποκείμενης υποδομής του, ενώ το επίπεδο εξυπηρέτησης μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τις ανάγκες του κάθε χρήστη. Το αποτέλεσμα αυτής της υποδομής είναι ότι οι χρήστες έχουν δυνατότητα πρόσβασης στα δεδομένα και τις εφαρμογές τους, από σχεδόν οποιαδήποτε συσκευή, οπουδήποτε και αν βρίσκονται.



Εικόνα 9: Υπηρεσίες Cloud Computing [πηγή εικόνων: 8]

Τα χαρακτηριστικά του Cloud Computing κατανέμονται ως εξής (Saya et al., 2010):

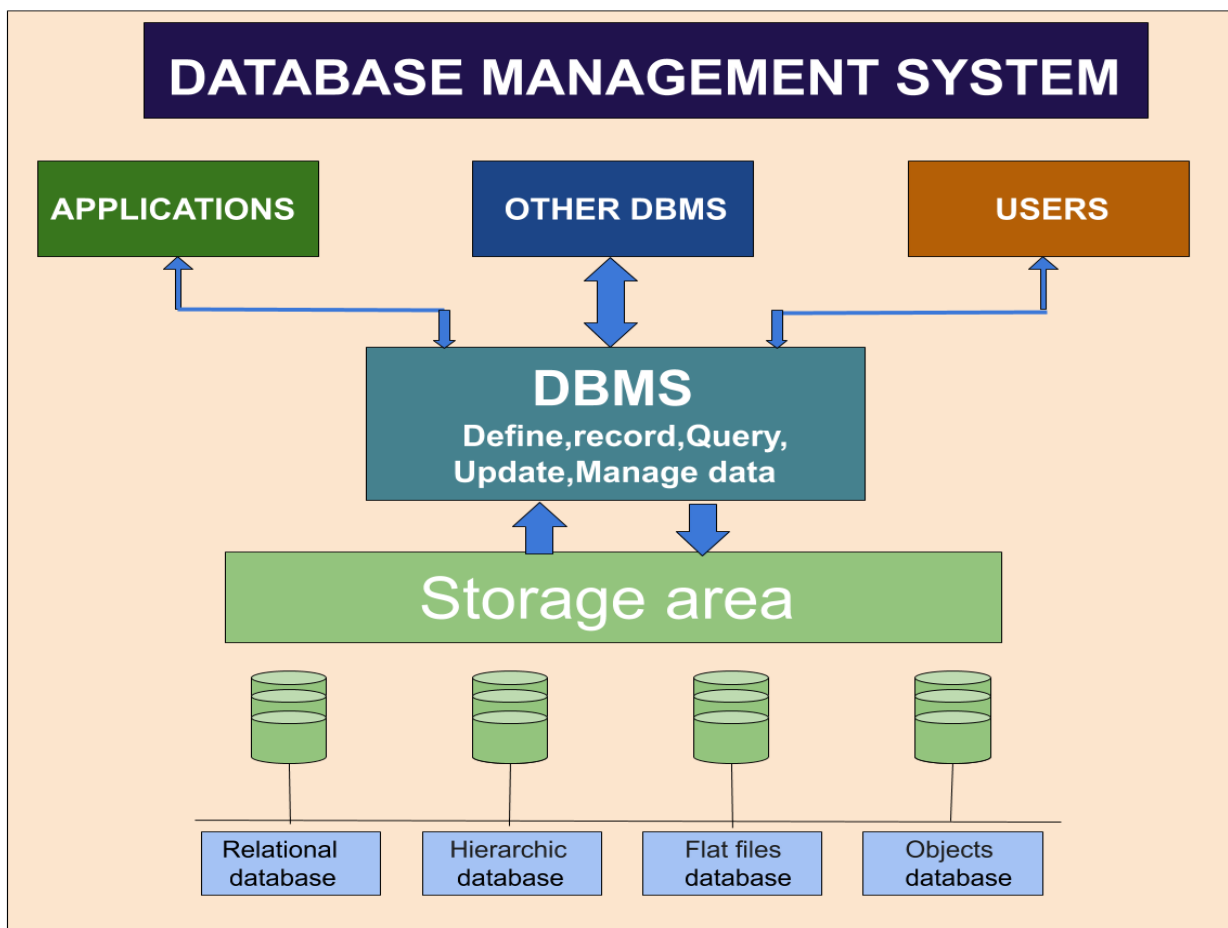
- Προσωποποιημένες υπηρεσίες κατ' απαίτηση (on demand self-service). Ο χρήστης αποκτά πρόσβαση σε υπολογιστικές υπηρεσίες τη χρονική στιγμή που χρειάζεται, αυτόματα και χωρίς την απαίτηση επικοινωνίας ή διάδρασης με τον παροχέα υπηρεσιών.
- Ευρεία δυνατότητα πρόσβασης στο διαδίκτυο, όπου ο χρήστης αποκτά τη δυνατότητα διαθεσιμότητας και πρόσβασης υπηρεσιών δια μέσω οποιασδήποτε πλατφόρμας πελάτη.
- Μετρήσιμες υπηρεσίες, κατά τις οποίες ο χρήστης χρεώνεται για τις υπηρεσίες που χρησιμοποιεί, με διάφορους και ευέλικτους τρόπους πληρωμής. Δηλαδή μπορεί να χρεώνεται ανάλογα με το χρόνο χρήσης κάποιας υπηρεσίας, ανάλογα με τον όγκο δεδομένων που αποθηκεύει, μηνιαίως ανά λογαριασμό που διαθέτει, ανά υπηρεσία που χρησιμοποιεί, κ.ο.κ.
- Συγκέντρωση υπολογιστικών πόρων, κατά την οποία ο εκάστοτε πάροχος συγκεντρώνει ένα πλήθος υπολογιστικών πόρων, προκειμένου να εξυπηρετείται ταυτόχρονα ένας μεγάλος όγκος χρηστών. Η τοποθεσία όπου βρίσκονται τα δεδομένα δεν είναι γνωστή στον τελικό χρήστη, αλλά δίνεται η δυνατότητα, εφόσον είναι επιθυμητό, να οριστεί η χώρα, η ήπειρος ή το κέντρο δεδομένων, στο οποίο φιλοξενούνται τα δεδομένα ή οι εφαρμογές που χρησιμοποιούνται.

Στον αγροτικό τομέα, η υπολογιστική νέφος λειτουργεί ως μια τράπεζα πληροφοριών, όπου αποθηκεύονται σε ένα κεντρικό Νέφος (Cloud), όλες οι πληροφορίες που σχετίζονται με αγροτικά θέματα και είναι διαθέσιμες σε όλους τους χρήστες, ανά πάσα στιγμή και από οποιαδήποτε τοποθεσία και συσκευή, ενώ δίνεται η δυνατότητα διαχείρισης πληροφοριών μέσω κεντρικών συστημάτων λήψης αποφάσεων και διαμοιρασμός πληροφοριών, που σχετίζονται με τον αγρο-κτηνοτροφικό τομέα. Ουσιαστικά εξαλείφονται τα όποια προβλήματα σχετίζονται με την έλλειψη τεχνικών γνώσεων, αφού παρέχονται υπηρεσίες τεχνολογικής φύσεως και χρησιμοποιούμενων τεχνολογιών. Παρέχεται ακόμη και η δυνατότητα ενεργής συμμετοχής στην εμπορική προώθηση των προϊόντων. Η χρήση των διαθέσιμων πόρων γίνεται αποδοτικότερη, ενώ ταυτόχρονα παρατηρείται βελτίωση των οικονομικών συνθηκών του εκάστοτε κράτους αλλά και των ευρύτερων περιοχών του. Τέλος, πρόκειται για μια τοπική αλλά ταυτόχρονα και παγκόσμια επικοινωνία κατά την οποία κτηνοτρόφοι, κτηνίατροι, ζωοτέχνες, γεωπόνοι, αγρότες κ.α. από όλα τα μέρη της γης, μπορούν πλέον να μοιράζονται ιδέες και να ανταλλάσσουν πληροφορίες, με τη μόνη προϋπόθεση, να διαθέτουν πρόσβαση στο διαδίκτυο.

4.5 ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΒΑΣΕΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ – DATABASE MANAGEMENT SYSTEM (DBMS)

Με τον όρο Σύστημα Διαχείρισης Βάσης Δεδομένων - ΣΔΒΔ (Database Management System - DBMS), νοείται κάποιο λογισμικό μέσω του οποίου γίνεται η δημιουργία, η διαχείριση, η συντήρηση και η χρήση μιας ηλεκτρονικής βάσης δεδομένων, ανάλογα με τον τύπο που επιλέγεται ή ένα σύνολο αλληλοσυσχετιζόμενων προγραμμάτων που «τρέχουν» και διαχειρίζονται τα δεδομένα (data). Το ΣΔΒΔ ουσιαστικά είναι ένας διαχειριστής αρχείων (file manager) που οργανώνει και διαχειρίζεται τα δεδομένα και τα αποδίδει σε περίπτωση ζήτησης. Το λογισμικό χρησιμοποιεί στερεότυπες (standard) μεθόδους κατηγοριοποίησης, ανάκτησης, και εκτέλεσης ερωτημάτων σχετικών με τα δεδομένα. Ένα ΣΔΒΔ οργανώνει τα εισερχόμενα δεδομένα, με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από εξωτερικούς χρήστες και αποτελεί μια μορφή υπηρεσίας προς οργανισμούς και επιχειρήσεις, ως προς τη συλλογή, τη διαχείριση και την ανάλυση πολλών δεδομένων από διαφορετικές πηγές, μέσω ενός περιβάλλοντος φιλικού προς τον χρήστη. Το σημαντικότερο όλων είναι ότι πρέπει να φροντίζει για την ακεραιότητα των εισαγόμενων στοιχείων και την απόδοσή τους με πολλούς και διαφορετικούς τύπους, ανάλογα με τις ανάγκες του εκάστοτε χρήστη. Οι βασικές λειτουργίες που αναλαμβάνει είναι να οργανώνει τη βάση δεδομένων στο μέσο αποθήκευσης (σκληροί δίσκοι, οπτικοί δίσκοι, νέφος κλπ.), να διαθέτει μηχανισμούς για τη διαχείριση των δεδομένων και να τροφοδοτεί τις εφαρμογές με δεδομένα στη μορφή που αυτές τα ζητούν (Γιάτας et al., 2020).

Όταν άρχισε η εξέλιξη και η διάδοση των προσωπικών υπολογιστών με παράλληλη μείωση του κόστους τους και αναπτύχθηκαν τα δίκτυα επικοινωνίας δεδομένων, τα ΣΔΒΔ άρχισαν να αναπτύσσονται πάνω σε ένα νέο μοντέλο πελάτη - εξυπηρετητή (client - server). Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, τόσο ο κεντρικός υπολογιστής όσο και οι υπολογιστές που χρησιμοποιούν οι χρήστες, είναι προσωπικοί υπολογιστές που συνδέονται μεταξύ τους μέσω ενός τοπικού δικτύου. Συνήθως, ο κεντρικός υπολογιστής είναι ισχυρότερος και διαθέτει μεγάλες αποθηκευτικές μονάδες. Στον κεντρικό υπολογιστή είναι αποθηκευμένα τα δεδομένα της βάσης και είναι εγκατεστημένο το ΣΔΒΔ που ονομάζεται εξυπηρετητής (server). Στους υπόλοιπους υπολογιστές (σταθμούς εργασίας), «τρέχουν» οι εφαρμογές επεξεργασίας και εκμετάλλευσης της βάσης δεδομένων. Οι εφαρμογές αυτές, μπορεί να είναι ενσωματωμένες ή ανεξάρτητες στο ΣΔΒΔ που έχει αναπτύξει κάποιος τρίτος κατασκευαστής και ονομάζονται πελάτες (clients).



Εικόνα 10: Λειτουργία Συστήματος Διαχείρισης Βάσης Δεδομένων [πηγή εικόνων: 9]

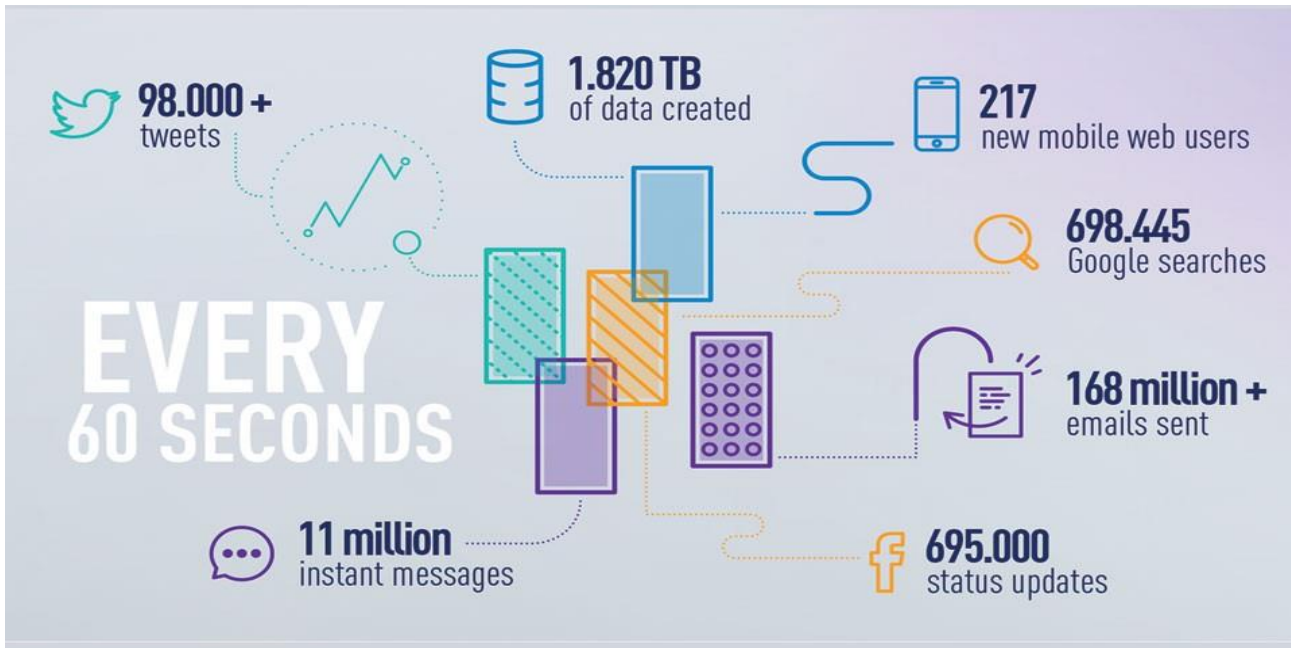
4.6 ΜΕΓΑΛΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ – BIG DATA

Τα Μεγάλα Δεδομένα (Big Data) είναι υψηλού όγκου, υψηλής ταχύτητας ή μεγάλης ποικιλίας στοιχεία, που απαιτούν αποδοτικές και καινοτόμες μορφές επεξεργασίας πληροφοριών. Ορίζονται ως συλλογές δεδομένων, τα οποία είναι δομημένα κατά ένα ποσοστό και αδόμητα στη πλειονότητά τους, ενώ ο όγκος τους είναι τόσο μεγάλος που καθιστά πολύ δύσκολη την αποθήκευση, επεξεργασία και ανάλυσή τους με τη χρήση παραδοσιακών τεχνολογιών της επιστήμης της πληροφορικής. Η Microsoft χρησιμοποιεί τον όρο «Μεγάλα Δεδομένα», για να περιγράψει την διαδικασία εφαρμογής σημαντικής υπολογιστικής ισχύος, με τη βοήθεια της μηχανικής μάθησης και της τεχνητής νοημοσύνης, σε μαζικά και εξαιρετικά πολύπλοκα σύνολα πληροφοριών. Ο ρόλος τους είναι πολύ σημαντικός, διότι επιτρέπουν σε διάφορους οργανισμούς να συλλέγουν, να αποθηκεύουν, να διαχειρίζονται και να επεξεργάζονται τεράστιο όγκο δεδομένων, με τη σωστή ταχύτητα, την κατάλληλη χρονική στιγμή, ώστε να αποκτήσουν τις απαραίτητες πληροφορίες. Η διαρκώς αυξανόμενη χρήση των έξυπνων συσκευών, οι οποίες συλλέγουν, συνδέουν, ανταλλάσσουν και μεταφέρουν τον τεράστιο όγκο των δεδομένων που παράγονται, συνδυαστικά με τεχνολογίες, όπως το IoT, τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (WSN), το Cloud Computing, κ.α., επέφεραν θετικές αλλαγές σε πολλούς τομείς. Τις τελευταίες δύο δεκαετίες, η τεχνολογία των Μεγάλων Δεδομένων εφαρμόζεται στον δημόσιο τομέα έτσι ώστε να μεταβάλλει σε υψηλό βαθμό τις παραδοσιακές μεθόδους αξιολόγησης των κινδύνων, έχοντας ως στόχο την αύξηση της ταχύτητας και την ακριβέστερη λήψη αποφάσεων. Ένας αναλυτής του Gartner (<https://www.gartner.com/>) προτείνει έναν ορισμό που περιλαμβάνει τρία βασικά χαρακτηριστικά που αποκαλούνται **3Vs** και ορίζονται ως οποιαδήποτε πηγή δεδομένων που έχει τα εξής χαρακτηριστικά (Laney, 2001):

- 1. Όγκο δεδομένων (Volume):** Θα χρειαστεί να επεξεργαστούν τεράστιους όγκους δεδομένων
- 2. Ταχύτητα δεδομένων (Velocity):** Σχετίζεται με την ταχύτητα πρόσβασης, της αφομοίωσης, της ροής και της δημιουργίας των Μεγάλων Δεδομένων
- 3. Ευρεία ποικιλία δεδομένων (Variety):** Αναφέρεται στους διάφορους διαθέσιμους τύπους δεδομένων και την ποικιλομορφία τους

Εκτός από τα **3Vs**, έχουν αναφερθεί και άλλα χαρακτηριστικά που περιλαμβάνουν:

- 4. Αξία (Value):** Τα δεδομένα έχουν αξία, αλλά δεν έχουν καμία χρησιμότητα μέχρι να επαληθευθεί η αξία που προσδίδουν στην εγγύτητα της πληροφορίας
- 5. Εγκυρότητα (Veracity):** Αναφέρεται σε τυχόν ασάφειες που υπάρχουν στα δεδομένα που συγκεντρώνονται και εξασφαλίζει την ακρίβεια και την ακεραιότητά τους
- 6. Μεταβλητότητα (Variability):** Αναφέρεται στη μεταβολή του ρυθμού ροής των δεδομένων



Εικόνα 11: Μεγάλα Δεδομένα που ανταλλάσσονται κάθε 1 λεπτό στο διαδίκτυο [πηγή εικόνων: 10]

Οι περισσότερες αναφορές στην αρχιτεκτονική των συστημάτων κτηνοτροφίας ακριβείας, περιλαμβάνουν τα ακόλουθα (Παναγιωτόπουλος, 2019):

- Αφομοίωση των δεδομένων με τη χρήση μιας IoT υποδομής, που συλλέγει τα δεδομένα από τους αισθητήρες
- Επίπεδο δικτύου (Network Layer), για τη σύνδεση της πλατφόρμας και τη μεταφορά των πληροφοριών
- Προεπεξεργασία των δεδομένων, για να αφαιρούνται τυχόν ήχοι και περιττές πληροφορίες ώστε να επιτυγχάνεται ομαλοποίηση, μελλοντική εξαγωγή τους, κλπ. Το συγκεκριμένο στάδιο, είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τις εφαρμογές που είναι σχετικές με το περιβάλλον, επειδή δεδομένα που είναι ανολοκλήρωτα ή ασαφή, μπορεί να οδηγήσουν σε εσφαλμένες αναλύσεις και σπατάλη πόρων.
- Αρχιτεκτονική των Μεγάλων Δεδομένων για την αποθήκευση και την επεξεργασία του τεράστιου όγκου τους
- Ανάλυση, στην οποία συμπεριλαμβάνονται περίπλοκες διαδικασίες πρόβλεψης, ρύθμισης και δημιουργία στατιστικών αναλύσεων
- Παρουσίαση και απεικόνιση των δεδομένων με ευνόητο τρόπο, διεργασία κατά την οποία, προκύπτουν χρήσιμες πληροφορίες, έτσι ώστε ο κάθε χρήστης να καταλαβαίνει τα αποτελέσματα

4.7 ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ – ARTIFICIAL INTELLIGENCE (A.I.)

Η «Τεχνητή Νοημοσύνη» είναι ένας τομέας της επιστήμης των υπολογιστών, που ασχολείται με τη σχεδίαση και την υλοποίηση προγραμμάτων και υπολογιστικών συστημάτων, που λειτουργούν ως μια προσομοίωση της ανθρώπινης νοημοσύνης, αναλύοντας το περιβάλλον γύρω τους και λαμβάνοντας δράση, με κάποιο βαθμό αυτονομίας, ώστε να πετύχουν συγκεκριμένους σκοπούς (<https://www.wikipedia.org/>). Πρόκειται, για την ενσωμάτωση διαφόρων τεχνολογιών, όπως: **α)** η Μηχανική Μάθηση (Machine Learning), **β)** η Επεξεργασία της φυσικής γλώσσας (Natural Language Processing), **γ)** η Επιβλεπόμενη Μάθηση (Supervised Learning), **δ)** τα Νευρωνικά Δίκτυα (Neural Networks), **ε)** η Βαθιά Μάθηση (Deep Learning), **στ)** η μη επιβλεπόμενη μάθηση (Unsupervised Learning) και **ζ)** οι Αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης, οι οποίοι αποτελούν πλήρως αυτόνομα συνδεδεμένα αντικείμενα. Η τεχνητή νοημοσύνη καθιστά τις μηχανές ικανές να κατανοούν το περιβάλλον γύρω τους, να επιλύουν προβλήματα και να δρουν προς την επίτευξη ενός συγκεκριμένου στόχου. Τα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης, είναι ικανά να προσαρμόζουν τη συμπεριφορά τους ως έναν ορισμένο βαθμό, αναλύοντας τις συνέπειες προηγούμενων δράσεων και επιλύοντας προβλήματα με αυτονομία. Πιο συγκεκριμένα, η Τεχνητή Νοημοσύνη παρουσιάζεται ως ένα σημαντικό εργαλείο για την αντιμετώπιση των προκλήσεων που προκύπτουν από τη συγκέντρωση του τεράστιου όγκου δεδομένων (Big Data), από τις IoT συσκευές, ώστε να βελτιώνονται ως προς τη λήψη αποφάσεων και τη διενέργεια υπολογισμών.

Η τεχνητή νοημοσύνη στον αγροτικό τομέα, μπορεί να αξιοποιηθεί για να διασφαλίσει την παραγωγή πιο υγιεινών τροφίμων μέσω της ελαχιστοποίησης της χρήσης λιπασμάτων, ζιζανιοκτόνων και άρδευσης, έτσι ώστε να υποστηρίξει την παραγωγικότητα και να μειώσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η χρήση ρομποτικών συστημάτων μπορεί να συμβάλει στην απομάκρυνση των ζιζανίων και στη μείωση χρήσης φυτοφαρμάκων. Πολλά αγροκτήματα ανά τον κόσμο, χρησιμοποιούν ήδη συστήματα τεχνητής νοημοσύνης για να παρακολουθούν τις κινήσεις των ζώων, τη θερμοκρασία, την αναπαραγωγική ικανότητα και την κατανάλωση τροφής (<https://wikifarmer.com/el/>). Για την σωστή εκτέλεση των παραπάνω εργασιών, η τεχνολογία του συστήματος της Τεχνητής Νοημοσύνης, βασίζεται στη συγκέντρωση μεγάλου όγκου δεδομένων με τη χρήση των κατάλληλων συσκευών και αισθητήρων (Aquilani et al., 2021).

4.7.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΠΟΥ ΕΝΣΩΜΑΤΩΝΟΝΤΑΙ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ

A) Η Μηχανική Μάθηση (Machine Learning), είναι ένα υποσύνολο της Τεχνητής Νοημοσύνης. Επικεντρώνεται στη «διδασκαλία» των υπολογιστών, δηλαδή να μαθαίνουν κατά κάποιο τρόπο από τα δεδομένα και να βελτιώνονται με την εμπειρία, αντί να είναι ρητά προγραμματισμένοι να εκτελούν συγκεκριμένες εργασίες. Μέσω της Μηχανικής Μάθησης, οι αλγόριθμοι εκπαιδεύονται για να βρίσκουν μοτίβα και συσχετίσεις σε μεγάλα σύνολα δεδομένων και να λαμβάνουν όσο το δυνατόν, τις καλύτερες αποφάσεις και να κάνουν προβλέψεις, βάση αυτών των αναλύσεων. Οι εφαρμογές μηχανικής μάθησης βελτιώνονται με τη χρήση και γίνονται πιο ακριβείς σε όσο περισσότερα δεδομένα έχουν πρόσβαση. Βρίσκονται παντού στην καθημερινότητά μας, στα σπίτια, στα καλάθια αγορών, στα μέσα ψυχαγωγίας και στην υγειονομική περίθαλψη. Όσον αφορά στην κτηνοτροφία ακριβείας, η χρήση τους επικεντρώνεται κυρίως στην ανίχνευση των ασθενειών, την αναγνώριση της συμπεριφοράς και στον εντοπισμό των ήχων που εκπέμπουν τα ζώα.

B) Ένα Τεχνητό Νευρωνικό Δίκτυο (ANN) είναι εμπνευσμένο από το Κεντρικό Νευρικό Ανθρώπινο Σύστημα, το οποίο και προσπαθεί να προσομοιώσει. Αποτελείται από ένα σύνολο κόμβων ή τεχνητών νευρώνων, τα οποία είναι οργανωμένα σε επάλληλα επίπεδα (layers) και ενώνονται μεταξύ τους μέσω των συνάψεων (synapses). Όταν ένας τεχνητός νευρώνας λαμβάνει π.χ. ένα αριθμητικό σήμα, το επεξεργάζεται και σηματοδοτεί τους άλλους νευρώνες που συνδέονται με αυτό. Όπως σε έναν ανθρώπινο εγκέφαλο, η νευρική ενίσχυση, έχει ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της αναγνώρισης προτύπων, την εμπειρογνωμοσύνη και τη συνολική μάθηση. Αυτό το είδος μηχανικής μάθησης ονομάζεται «**Βαθιά Μάθηση (Deep Learning)**», επειδή περιλαμβάνει πολλά επίπεδα του νευρωνικού δικτύου που επεξεργάζονται ταυτόχρονα μαζικούς όγκους πολύπλοκων και ανόμοιων δεδομένων, πετυχαίνοντας έτσι όλο και περισσότερες εξόδους υψηλότερου επιπέδου. Για παράδειγμα, ένα σύστημα βαθιάς μάθησης που επεξεργάζεται εικόνες από βοσκότοπους και ψάχνει για πρόβατα, θα αναγνωρίσει στο πρώτο επίπεδο ένα κοπάδι. Καθώς κινείται μέσα από τα νευρωνικά δίκτυα, στη συνέχεια θα αναγνωρίσει ένα ζώο και τελικά ένα πρόβατο.

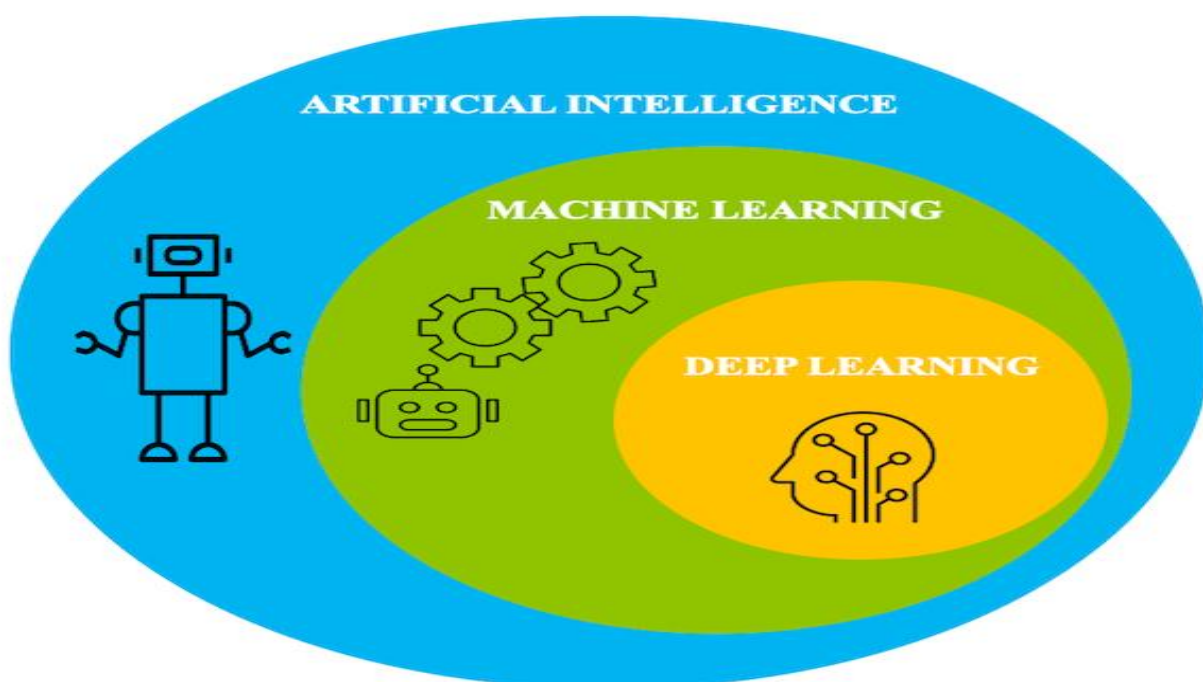
Τα νευρωνικά δίκτυα αξιοποιούνται ευρέως στον κτηνοτροφικό τομέα και η χρήση τους επικεντρώνεται κυρίως, στην αναγνώριση της συμπεριφοράς των ζώων και την ταυτοποίησή τους, με χρήση εικόνων, βίντεο και ήχου. Παράλληλα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για τον εντοπισμό της τοποθεσίας των ζώων, αλλά και για την παρακολούθηση της υγείας τους (Αναστασοπούλου, 2022).

Γ) Η Επεξεργασία της φυσικής γλώσσας (Natural Language Processing), σχετίζεται με την αλληλεπίδραση μεταξύ ανθρώπου και υπολογιστή. Με την ενσωμάτωση αυτής της τεχνολογίας, τα υπολογιστικά συστήματα είναι σε θέση να αναγνωρίζουν την ομιλία, καθώς και να διακρίνουν τη διάλεκτο που χρησιμοποιείται κάθε φορά. Έτσι, οι υπολογιστές μετατρέπουν τον ανθρώπινο λόγο, είτε προφορικό, είτε γραπτό, σε εντολές, τις οποίες στη συνέχεια εκτελούν. Παράλληλα, εκτός από την ερμηνεία, η συγκεκριμένη τεχνολογία, μπορεί να συμβάλλει και στη δημιουργία λόγου.

Δ) Η Επιβλεπόμενη Μάθηση (Supervised Learning), αποτελεί ένα πολύ ισχυρό εργαλείο της Τεχνητής Νοημοσύνης, διότι έχει την ικανότητα να κατηγοριοποιεί και να επεξεργάζεται δεδομένα ή πληροφορίες, οι οποίες συλλέγονται από άλλες συσκευές, με τη χρήση μηχανικής γλώσσας. Τα δεδομένα που κατηγοριοποιούνται, χρησιμοποιούνται στη συνέχεια ως εισαγόμενες μεταβλητές, στους αλγόριθμους.

Ε) Η Μη Επιβλεπόμενη Μάθηση (Unsupervised Learning), αποτελεί το μοντέλο της Τεχνητής Νοημοσύνης, το οποίο εκπαιδεύεται μόνο του, ανάλογα με τα δεδομένα που λαμβάνει ως μεταβλητές εισόδου, τα οποία δεν έχουν κατηγοριοποιηθεί και με τη βοήθεια των αλγορίθμων της μηχανικής μάθησης μπορεί να προχωρήσει σε μετέπειτα κατηγοριοποίησή τους.

ΣΤ) Οι Αλγόριθμοι Τεχνητής Νοημοσύνης (Artificial Intelligence Algorithms), χρησιμοποιούνται με σκοπό να εκπαιδεύονται εύκολα τα συστήματα, μέσα από τη χρήση των διαθέσιμων δεδομένων, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν και για μελλοντικούς σκοπούς.



Εικόνα 12: Τεχνητή Νοημοσύνη - Μηχανική Μάθηση - Βαθιά Μάθηση [πηγή εικόνων: 11]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Γ'

5. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΣΕ ΜΙΚΡΑ ΜΗΡΥΚΑΣΤΙΚΑ

Η κτηνοτροφία συλλέγει δεδομένα εδώ και δεκαετίες μέσω διαφόρων λογισμικών συστημάτων. Στην πραγματικότητα, ο όγκος των πληροφοριών είναι τόσο μεγάλος, που οι κτηνοτρόφοι θα μπορούσαν να χάσουν κρίσιμες μετρήσεις σε μια «θάλασσα» πληροφοριών (<https://wikifarmer.com/el/>). Τα μεγάλα δεδομένα της κτηνοτροφίας πρέπει να συγκεντρώνονται, να ταξινομούνται και να ερμηνεύονται σωστά για να είναι χρήσιμα. Η ύπαρξη συστημάτων για την επεξεργασία πολύτιμων μετρήσεων, όχι μόνο συμβουλεύει τους κατόχους των εκμεταλλεύσεων να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις, αλλά τους επιτρέπει να εντοπίζουν και πού μπορεί να υπάρχει έλλειμμα πληροφοριών. Η κτηνοτροφία ακριβείας, περιλαμβάνει τη συνδυασμένη εφαρμογή μεμονωμένων ή πολλαπλών εργαλείων σε ολοκληρωμένα συστήματα. Αυτό κατέστη δυνατό χάρη στις τεχνολογικές εξελίξεις των τελευταίων 20 ετών σε τομείς όπως, οι τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών, το IoT, τα ασύρματα δίκτυα επικοινωνίας (WSN) και γενικά η διαθεσιμότητα πρόσβασης στο διαδίκτυο (Internet), παρέχοντας συνεχή, μη παρεμβατική και αντικειμενική συλλογή δεδομένων, ικανή να ανιχνεύει μικρές αλλά σημαντικές αλλαγές στα πρότυπα συμπεριφοράς ή φαινομενικά άσχετες παραμέτρους, οι οποίες όμως βελτιώνουν σημαντικά τη διαχείριση αποφάσεων. Μεταξύ των τελευταίων εξελίξεων, είναι οι εφαρμογές για έξυπνες κινητές συσκευές που επιτρέπουν στους κτηνοτρόφους να γνωρίζουν τι συμβαίνει όπου κι αν βρίσκονται. Πολλές από αυτές είναι ολοκληρωμένα συστήματα λογισμικού (software και hardware) που συνδέουν πληροφορίες αισθητήρων και καμερών με τη βοήθεια του Cloud μέσω του IoT. Οι εύχρηστες εφαρμογές για κινητές συσκευές μεταφέρουν πληροφορίες απευθείας σε έναν πίνακα, ώστε ο εκάστοτε παραγωγός να μπορεί να τις αξιολογεί και να λαμβάνει τις κατάλληλες αποφάσεις. Ορισμένες από αυτές τις λειτουργίες περιλαμβάνουν τη ρύθμιση του μικροκλίματος στο αγρόκτημα και την αξιολόγηση του επιπέδου διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), της αμμωνίας (NH₃), της θερμοκρασίας, της υγρασίας και του φωτισμού.

Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει αρκετές έρευνες, πολλές από τις οποίες ακόμη δεν έχουν ολοκληρωθεί, σχετικά με τις χρήσεις διαφόρων τεχνολογιών, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εξυπηρετήσουν ξεχωριστές ανάγκες, αναλόγως των εκτρεφόμενων ζώων και των απαιτήσεων του κάθε παραγωγού. Στη συνέχεια θα δοθούν ορισμένα παραδείγματα, από μελέτες και εφαρμογές που έχουν χρησιμοποιηθεί, οι οποίες κρίθηκαν αποτελεσματικές, με γνώμονα πάντα την ευζωία των ζώων.

5.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΗΜΑΝΣΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΑΙΓΟΠΡΟΒΑΤΩΝ

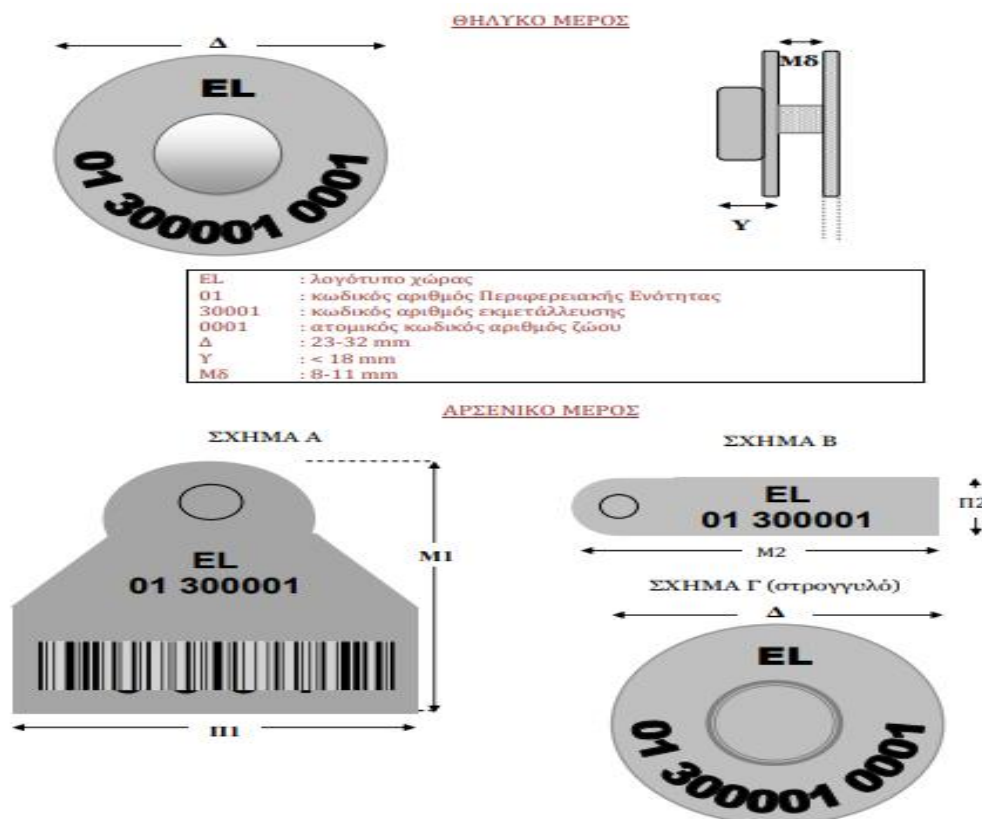
Σύμφωνα με την υπ' αριθμ. 1782/2003 άρθ. 5, 6, 7, 8 και 9 του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (ΥΠΑΑΤ), περί «Θέσπισης συστήματος αναγνώρισης και καταγραφής αιγοπροβάτων», θεωρείται υποχρεωτική η εγγραφή όλων των αιγοπροβατοτροφικών εκμεταλλεύσεων που βρίσκονται εντός των γεωγραφικών ορίων της χώρας περιλαμβάνοντας τα ακόλουθα στοιχεία ([kodiko_systhma_aigo050917.pdf](#)):

- 1) Καταλόγους εκμεταλλεύσεων αιγοπροβάτων
- 2) Σήμανση των ζώων
- 3) Μητρώα εκμεταλλεύσεων
- 4) Ηλεκτρονική βάση δεδομένων και
- 5) Έγγραφα κυκλοφορίας ζώων

Όσον αφορά στη σήμανση των αιγοπροβάτων, ο κανονισμός ορίζει ότι πρέπει να γίνεται αποκλειστικά με μέσα εγκεκριμένα από τις αρμόδιες αρχές και σχεδιασμένα έτσι ώστε να παραμένουν επί των ζώων χωρίς να είναι επιβλαβή για την υγεία τους και να αφαιρούνται από την τροφική αλυσίδα. Από 01/01/2010 όλα τα ζώα σημαίνονται υποχρεωτικά, εντός προθεσμίας 6 μηνών από τη γέννησή τους και σε κάθε περίπτωση πριν εγκαταλείψουν την εκμετάλλευση. Η σήμανση μπορεί να γίνει είτε με τη χρήση συμβατικών ενωτίων, είτε με ηλεκτρονικά μέσα. Ως ηλεκτρονικά μέσα νοούνται οι συσκευές αναγνώρισης (identifiers) που συνίστανται σε έναν παθητικό πομποδέκτη μόνο ανάγνωσης (transponder), που δεν περιέχει εσωτερική πηγή ηλεκτρικής ισχύος και ενσωματώνεται σε στομαχικό βόλο ή ενώτιο. Κατά την τοποθέτηση των μέσων σήμανσης πρέπει να λαμβάνονται όλα τα ενδεικνύμενα μέτρα, ώστε να μην προκαλούνται τραυματισμοί ή/και μολύνσεις στα ζώα. Τα ενώτια θεωρούνται ως η πιο απλή εφαρμογή σήμανσης των μηρυκαστικών και χρησιμοποιούνται κατά κανόνα από την πλειοψηφία των κτηνοτρόφων. Έχουν το πλεονέκτημα ότι τοποθετούνται σε ζώα κάθε ηλικίας, χωρίς να απαιτούνται ιδιαίτερες τεχνικές γνώσεις. Το μειονέκτημά τους είναι ότι μπορεί να πέφτουν από τα αυτιά των μηρυκαστικών και ειδικότερα των αιγών, σε περιοχές ελεύθερης βόσκησης με θαμνώδη βλάστηση.

Κάθε ενώτιο ηλεκτρονικό ή συμβατικό, αποτελείται από δύο μέρη ίδιου σχήματος ένα «θηλυκό» και ένα «αρσενικό» (**εικ.13**). Η κεφαλή του θηλυκού τμήματος είναι ανοιχτού, ημίκλειστου ή κλειστού τύπου ενώ του αρσενικού είναι κωνική και φέρει αιχμηρή μεταλλική και ανοξειδωτή απόληξη. Τα δύο μέρη διαθέτουν σύστημα ενθυλάκωσης απαραβίαστο σε ελάχιστη δύναμη έλξης 260 Newton ([kodiko_systhma_aigo050917.pdf](#)).

Το ηλεκτρονικό ενώτιο συνίσταται σε έναν παθητικό πομποδέκτη (transponder) που είναι ενσωματωμένος στο θηλυκό μέρος του ενωτίου και τοποθετείται πάντα στο δεξί αυτί του ζώου. Είναι κατασκευασμένα από θερμοπλαστική πολυουρεθάνη, αντιμικροβιακή και ανθεκτική σε θερμοκρασίες από -10°C έως 50°C. Επιπλέον και τα δύο μέρη των ενωτίων πρέπει να έχουν στρογγυλό σχήμα με διάμετρο από 23 έως 32 mm και το ύψος τους να μην ξεπερνά τα 18 mm. Το χρώμα των ενωτίων πρέπει να είναι κίτρινο **RAL** (χρωματικό σύστημα που δημιουργήθηκε από το Γερμανικό Reichsausschuß für Lieferbedingungen und Gütesicherung Imperial, Commission for Delivery Terms and Quality Assurance, οργανισμός που ιδρύθηκε στις 23 Απριλίου 1925 στο Βερολίνο), επίσης να μην περιέχουν κάδμιο και μόλυβδο σε ανιχνεύσιμα επίπεδα, σύμφωνα με τις τυποποιημένες εργαστηριακές μεθόδους. Στην εξωτερική επιφάνειά τους με ανεξίτηλη μαύρη γραφή, τυπωμένη με λέιζερ (laser) που πρέπει να παραμένει ευανάγνωστη για τουλάχιστον 7 έτη, φέρουν τα εξής στοιχεία: Το λογότυπο της χώρας π.χ. **EL** για την Ελλάδα και τον κωδικό αριθμό της Περιφερειακής ενότητας, που αποτελείται από δύο (2) αριθμητικούς χαρακτήρες ακολουθούμενο από τον κωδικό αριθμό της εκάστοτε εκμετάλλευσης, αποτελούμενο από το πρόθεμα «3» και πέντε (5) αριθμητικούς χαρακτήρες. Τέλος τον ατομικό αριθμό του ζώου αποτελούμενο από τέσσερις (4) αριθμητικούς χαρακτήρες π.χ.: **EL01300000100001**.



Εικόνα 13: Τύποι ηλεκτρονικών ενωτίων (ΥΠΑΑΤ) [πηγή εικόνων: 12]

Ο πομποδέκτης (transponder) πρέπει να είναι αναγνώσιμος με συσκευή ανάγνωσης (reader) (εικ.14), που συμφωνεί με το πρότυπο ISO11785 από απόσταση τουλάχιστον 12 cm, όταν διαβάζεται από κινητή (φορητή) συσκευή ανάγνωσης και τουλάχιστον 50 cm όταν διαβάζεται από σταθερή συσκευή ανάγνωσης. Η συσκευή ανάγνωσης (reader) αποτελείται από έναν πομπό (transceiver), που αφού ενεργοποιήσει τον πομποδέκτη του ηλεκτρονικού μέσου σήμανσης (transponder), λαμβάνει και εμφανίζει πληροφορίες που περιέχει ο κωδικός του (transponder code). Διακρίνεται σε σταθερή και κινητή συσκευή με ή χωρίς συγχρονισμό και πρέπει να έχει ικανότητα ανάγνωσης κατά ISO11784/11785 πομποδεκτών ημιαμφίδρομων (HDX) ή πλήρως αμφίδρομων (FDX-B) και σε συμμόρφωση με το πρότυπο ISO24631-2, να έχει την ικανότητα πλήρους λήψης του κωδικού του πομποδέκτη και της απεικόνισης τουλάχιστον των εξής στοιχείων: **α) κωδικό της χώρας, β) εθνικό κωδικό ηλεκτρονικής αναγνώρισης, γ) κωδικό επισήμανσης, δ) μετρητή επανασήμανσης και ε) πεδίο ενημέρωσης χρήστη.** Η συσκευή ανάγνωσης διαθέτει τροφοδοσία ρεύματος ή/ και την ικανότητα λειτουργίας με μπαταρίες, επαναφορτιζόμενες ή μη, ενσωματωμένη κεραία ή/ και τη δυνατότητα προσάρτησης εξωτερικής κεραίας. Τέλος είναι δυνατό να διαθέτει μνήμη ικανή να αποθηκεύει τα μεταβιβαζόμενα δεδομένα, να φέρει αλφαριθμητικό πληκτρολόγιο για την επεξεργασία των αποθηκευμένων δεδομένων και να έχει τη δυνατότητα διεπαφής (communication interface) με συστήματα επεξεργασίας δεδομένων. Σ' αυτή την περίπτωση διατίθεται από κοινού με όλο το απαραίτητο λογισμικό που την συνοδεύει.



Εικόνα 14: Συσκευή ανάγνωσης ηλ/κών μέσων σήμανσης [πηγή εικόνων: 13]

Οι ηλεκτρονικοί στομαχικοί βόλοι (**εικ.15**) συνίστανται σε έναν κυλινδρικό περιέκτη, στο εσωτερικό του οποίου είναι τοποθετημένος ένας παθητικός πομποδέκτης. Το υλικό κατασκευής τους είναι συνήθως κεραμικό. Η τοποθέτησή τους γίνεται δια μέσω του στόματος, με ειδικό εφαρμοστή (εικ.16) και λόγω του βάρους, του σχήματος και του μεγέθους τους παραμένουν μόνιμα στον προστόμαχο (κεκρύφαλο) των μηρυκαστικών. Ο τρόπος τοποθέτησης και το υψηλό κόστος των βόλων, τους καθιστά λιγότερο εύχρηστους. Όμως ο κίνδυνος απώλειας μετά την τοποθέτησή τους μειώνεται στο ελάχιστο, ενώ αποκλείεται οποιαδήποτε απόπειρα παραποίησης της ταυτότητας του ζώου. Ωστόσο, απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή σε ότι αφορά στην επιλογή του κατάλληλου τύπου στομαχικού βόλου, ανάλογα με την ηλικία και το βάρος του ζώου. Στην αγορά κυκλοφορούν τρεις διαφορετικοί τύποι βόλων για μικρά μηρυκαστικά, ενώ η επιλογή τους γίνεται από τον ιδιοκτήτη της εκμετάλλευσης. Έτσι υπάρχουν βόλοι των 20 γραμμαρίων για ζώα ζώντος σωματικού βάρους μεγαλύτερου των 16 κιλών, των 50 γραμμαρίων για ζώα ζώντος σωματικού βάρους μεγαλύτερου των 20 κιλών και των 75 γραμμαρίων για ζώα ζώντος σωματικού βάρους μεγαλύτερου των 25 κιλών. Στα αιγοπρόβατα των φυλών που εκτρέφονται στη χώρα μας, ηλικίας μεγαλύτερης ή ίσης των 6 μηνών, συστήνεται η χρησιμοποίηση βόλων βάρους 50 ή 75 γραμμαρίων. Κάθε ηλεκτρονικός στομαχικός βόλος πρέπει να φέρει στην εξωτερική επιφάνειά του ή στη συσκευασία του, ένδειξη με τον κωδικό του πομποδέκτη, εκτός αν συνοδεύεται από ενώτιο, το οποίο πρέπει να τοποθετηθεί μαζί με το βόλο στο ίδιο ζώο. Τα χαρακτηριστικά που πρέπει να διαθέτει είναι όμοια με αυτά των ηλεκτρονικών ενωτίων σύμφωνα με τα πρότυπα κατά ISO11784/11785.



Εικόνα 15: Ηλεκτρονικός Στομαχικός Βόλος [πηγή εικόνων: 14]



Εικόνα 16: Εφαρμοστής Τοποθέτησης Βόλων [πηγή εικόνων: 15]

5.2 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ

Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται στον αγρο-κτηνοτροφικό τομέα, αποτελούν ένα σύνολο κανόνων, που περιγράφουν τον τρόπο, με τον οποίο γίνεται η μεταφορά των πληροφοριών. Σκοπός της χρήσης των πρωτοκόλλων, είναι η επίτευξη επικοινωνίας μεταξύ των κτηνοτρόφων που χρησιμοποιούν έξυπνα συστήματα, με τέτοιο τρόπο, ώστε να μπορούν να λαμβάνουν τεκμηριωμένες αποφάσεις, βάση των δεδομένων που προκύπτουν από την παρακολούθηση της εκμετάλλευσής τους. Για τους ανωτέρω λόγους, η επιλογή του σωστού πρωτοκόλλου επικοινωνίας, παίζει σημαίνοντα ρόλο, τόσο στην επικοινωνία μεταξύ των κόμβων, όσο και στην επικοινωνία του εκάστοτε έξυπνου αγρο-κτηνοτροφικού συστήματος, με διαφορετικές πλατφόρμες.

Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας και μεταφοράς δεδομένων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι τα εξής (Nóbrega et al., 2019, Farooq et al., 2019):

1. Wi-Fi (Wireless Fidelity)
2. Bluetooth
3. Radio Frequency Identification (RFID)
4. ZigBee
5. Δίκτυα 2^{ης}, 3^{ης}, 4^{ης} και 5^{ης} γενιάς (2G/ 3G/ 4G/ 5G - Mobile Communication Standard)

5.2.1. ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΜΕΣΩ ΡΑΔΙΟΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ – RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION (RFID)

Τα συστήματα Ταυτοποίησης Μέσω Ραδιοσυχνοτήτων (RFID), αποτελούν ένα υποσύνολο των Συστημάτων Αυτόματου Προσδιορισμού (Automatic Identification Systems). Χρησιμοποιώντας ραδιοκύματα, μπορούν αυτόματα να προσδιορίσουν ανθρώπους ή αντικείμενα, ενώ αποτελούν την τεχνολογική εξέλιξη των ραβδωτών κωδικών (barcode) (Godas, et al., 2015). Τα συστήματα RFID αποτελούνται από δύο μέρη, τους πομποδέκτες (transponders) και τους αναγνώστες ή αισθητήρες (readers). Οι πομποδέκτες, που συχνά αναφέρονται και ως ετικέτες (RFID tags), (εικ.17), είναι μικρές πλακέτες (chips) που αποτελούνται από ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα, το οποίο περιλαμβάνει μια μνήμη, ώστε να αποθηκεύει δεδομένα και πληροφορίες και μία κεραία. Το μέγεθός τους μπορεί να είναι τόσο μικρό όσο το μισό ενός κόκκου άμμου (1/3 του χιλιοστού), ανάλογα με τον τύπο τις ετικέτας. Οι αναγνώστες ή αισθητήρες, ανακτούν τα δεδομένα από τις ετικέτες RFID και έχουν ενσωματωμένη μια κεραία και μια μονάδα ελέγχου.

Ο παράγοντας που καθορίζει τη λειτουργία των RFID, είναι η ύπαρξη εξωτερικής πηγής ενέργειας ή όχι και διαχωρίζονται σε ενεργές (active) ή παθητικές (passive) αντίστοιχα. Μία ενεργή ετικέτα μπορεί να χρησιμοποιεί μπαταρία για να τροφοδοτεί το κύκλωμα, ενώ μία παθητική βασίζεται στην ενέργεια που μεταφέρεται από τον αναγνώστη στην ετικέτα, έτσι ώστε να την ενεργοποιήσει. Κάθε κατηγορία λειτουργεί σε διαφορετικές συχνότητες και μπορεί να καλύψει διαφορετικές αποστάσεις, στο εύρος των οποίων είναι δυνατή η ανάγνωση της ετικέτας από τον αναγνώστη και συνεπώς έχει και διαφορετικό κόστος. Ένα ενεργό (active) σύστημα RFID λειτουργεί συνήθως σε συχνότητες 433 MHz και 915 MHz και είναι κατάλληλο για εφαρμογές, που απαιτούν αρκετά μεγάλες αποστάσεις, όμως το κόστος τους είναι αρκετά υψηλό. Το παθητικό (passive) RFID σύστημα λειτουργεί σε τρεις διαφορετικές συχνότητες και κάθε μία έχει διαφορετικές αποστάσεις ανάγνωσης που κατηγοριοποιούνται σε (Godas, et al., 2015):

α) Low Frequency (χαμηλή συχνότητα) στα 125-134,2 KHz, με τα οποία η ανάγνωση είναι δυνατή σε αποστάσεις από 1 μέχρι και 10 cm.

β) High Frequency (υψηλή συχνότητα) στα 13.56 MHz με τυπική απόσταση ανάγνωσης από 1 cm έως και 1 m και τέλος σε

γ) Ultra High Frequency (πάρα πολύ υψηλή συχνότητα) στα 960 Mhz, όπου και η απόσταση ανάγνωσης μπορεί να φτάνει από 5 έως και 30 m.



Εικόνα 17: Ετικέτα RFID [πηγή εικόνων: 16]

Ο πιο διαδεδομένος τύπος RFID που χρησιμοποιείται στην κτηνοτροφία είναι η χαμηλής συχνότητας παθητικού τύπου ετικέτες, οι οποίες έχουν τη δυνατότητα ενσωμάτωσης συσκευών εντοπισμού GPS, εξασφαλίζοντας την προστασία των ζώων από τυχόν κλοπές (Voulodimos et al., 2009). Πριν ο κτηνοτρόφος προβεί σε αγορά ετικετών RFID, θα πρέπει πρώτα να βεβαιωθεί πως οι ταυτότητες που σκοπεύει να αγοράσει έχουν τις πιστοποιήσεις ISO 11784, ISO 14223-1 και ISO 11785. Αυτές οι πιστοποιήσεις εξασφαλίζουν πως οι συγκεκριμένες ετικέτες ενδείκνυνται και είναι ασφαλείς για χρήση σε ζώα. Ακόμα, τα παθητικά συστήματα ανάγνωσης RFID είναι τα καταλληλότερα για τις κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις, διότι είναι πιο οικονομικά συγκριτικά με τα ενεργά RFID (<https://www.agroclica.gr/>).

5.3 ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ - SENSORS

Ένας αισθητήρας (sensor) ορίζεται ως μια συσκευή που καταγράφει και συλλέγει δεδομένα, τα οποία μπορούν να ερμηνευθούν από κάποιον άνθρωπο ή/ και μια μηχανή. Τα δεδομένα στη συνέχεια αναλύονται, επεξεργάζονται και μπορούν να αξιοποιηθούν μέσω κάποιου λογισμικού, με τη χρήση μιας έξυπνης συσκευής και της κατάλληλης εφαρμογής. Το σημαντικότερο εργαλείο του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT), αποτελούν οι αισθητήρες και κατηγοριοποιούνται ως επεμβατικοί ή ως μη επεμβατικοί. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός αισθητήρα είναι:

- **Εύρος:** Τα όρια στα οποία η συσκευή λειτουργεί αξιόπιστα
- **Ακρίβεια:** Η εγγύτητα της τιμής εξόδου προς την τιμή εισόδου
- **Σφάλμα:** Η διαφορά ανάμεσα στη μετρούμενη τιμή και στη πραγματική τιμή
- **Ανοχή:** Το μέγιστο σφάλμα που μπορεί να δημιουργήσει ένας αισθητήρας
- **Ευαισθησία:** Η σχέση αλλαγής εξόδου με την αλλαγή εισόδου είναι ίση με τη διαφορά των τιμών εξόδου προς τη διαφορά των αντίστοιχων τιμών εισόδου
- **Διακριτική ικανότητα:** Η μικρότερη αλλαγή τιμής εισόδου που μπορεί να ανιχνευθεί

- **Γραμμικότητα:** Το κατά πόσο η γραφική παράσταση της εξόδου προσεγγίζει ευθεία ως προς την είσοδο
- **Βαθμονόμηση:** Η βαθμολόγηση της κλίμακας σε μονάδες
- **Νεκρή ζώνη:** Το μέγιστο ποσό αλλαγής της εισόδου που δεν επιφέρει αλλαγή στην έξοδο
- **Καθυστέρηση:** Η καθυστέρηση αλλαγής εξόδου ως προς την είσοδο
- **Απόκριση:** Ο χρόνος που χρειάζεται για να λάβει η έξοδος την τελική τιμή
- **Ευστάθεια:** Χαρακτηρίζει τη μεταβολή της εξόδου σε μεγάλη χρονική περίοδο, χωρίς μεταβολή της εισόδου και των συνθηκών
- **Υστέρηση:** Η διαφορά στην έξοδο όταν η κατεύθυνση της μεταβολής της εισόδου αντιστραφεί
- **Επαναληψιμότητα:** Η παραγωγή του ίδιου αποτελέσματος, σε διαφορετικές χρονικές στιγμές, με την ίδια είσοδο
- **Ολίσθηση:** Η μεταβολή των χαρακτηριστικών του αισθητήρα με το χρόνο και το περιβάλλον
- **Στατικό σφάλμα:** Σταθερό σφάλμα σε όλο το εύρος λειτουργίας που μπορεί να αντισταθμιστεί
- **Χρόνος λειτουργίας:** Ο εκτιμώμενος χρόνος λειτουργίας στα πλαίσια των προδιαγραφών του (<https://www.wikipedia.org/>)

Ορισμένα παραδείγματα αισθητήρων που χρησιμοποιούνται στην κτηνοτροφία ακριβείας είναι:

1. **Αισθητήρες τοποθεσίας (Location Sensors):** Με τη χρήση συστημάτων τοποθεσίας GPS, μπορούν να εντοπιστούν οι κινήσεις ή η τοποθεσία κάποιου ζώου.
2. **Αισθητήρες Θερμοκρασίας (Temperature Sensors):** Οι συγκεκριμένοι αισθητήρες καταγράφουν την θερμοκρασία του ζώου και ειδοποιούν σε περίπτωση αύξησης ή μείωσης της σταθερής θερμοκρασίας του σώματος.
3. **Αισθητήρες εικόνας και ήχου (Image and Acoustic Sensors):** Οι αισθητήρες εικόνας μετατρέπουν τις οπτικές εικόνες σε ηλεκτρικά σήματα, έτσι ώστε να τις απεικονίσουν ή να τις αποθηκεύσουν με ηλεκτρονική μορφή. Συναντώνται ως ψηφιακές κάμερες, κάμερες νυχτερινής όρασης, ραντάρ, θερμικές και βιομετρικές εικόνες, ενώ μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με τους αισθητήρες κίνησης. Οι αισθητήρες ήχου μέσω μικροφώνων, εντοπίζουν τους ήχους που εκπέμπουν τα ζώα και ενημερώνουν σε περίπτωση ανάγκης (<https://www.ypaithros.gr/>).

4. **Αισθητήρες υπέρυθρης θερμικής απεικόνισης αγροκτήματος:** Με τη βοήθεια των ηλεκτρονικών μέσων σήμανσης συνδέονται οι αντίστοιχοι αισθητήρες γύρω από το αγρόκτημα για την παρακολούθηση της συμπεριφοράς των ζώων και των περιβαλλοντικών συνθηκών που επικρατούν π.χ. μέτρηση θερμοκρασίας και υγρασίας.
5. **Αισθητήρες καπνού (Smoke Sensors):** Η χρήση τους στις μέρες μας, είναι ευρέως διαδεδομένη, κυρίως σε εσωτερικούς χώρους, για τον εντοπισμό πυρκαγιών. Οι συγκεκριμένοι αισθητήρες εντοπίζουν μικροσωματίδια στον αέρα, που προκύπτουν από καύση, προλαμβάνοντας έτσι μια μελλοντικά, εκτεταμένη πυρκαγιά η οποία μπορεί να θέσει σε κίνδυνο τα ζώα.
6. **Αισθητήρες κίνησης (Movement Sensors):** Χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση της κίνησης. Οι καθημερινές δραστηριότητες των ζώων, μπορούν να παρακολουθούνται μέσω αισθητήρων που τοποθετούνται, στα περιλαίμια - κολάρα (RFID tags) ή στα πόδια τους (επιταχυνσιόμετρα - βηματόμετρα). Τα σημαντικότερα δεδομένα που συλλέγονται αφορούν, στο χρόνο μηρυκασμού και κατανάλωσης τροφής, στη δραστηριότητα-αδράνεια, την τοποθεσία, στην αρτηριακή πίεση, τον καρδιακό ρυθμό, τη λειτουργία της πέψης και του αναπνευστικού κ.ά. Με βάση τα μοτίβα κινήσεων που συλλέγονται και αποθηκεύονται σε αντίστοιχες βάσεις δεδομένων, ο κτηνοτρόφος γνωρίζει τις δραστηριότητες των ζώων του και μπορεί να αναπτύξει μια σταθερή καθημερινή ρουτίνα που να βελτιστοποιεί την παραγωγή. Γνωρίζοντας ότι η κίνηση συνδέεται άμεσα με τη διατροφική συμπεριφορά και διασφαλίζοντας ότι τα ζώα είναι υγιή, μπορεί να προκύψει βελτίωση της ποιότητας και της ποσότητας των παραγόμενων προϊόντων (Aquilani et al., 2021).

Στον κτηνοτροφικό τομέα κανένα αγρόκτημα δεν είναι απόλυτα ομοιογενές, άρα ένας μόνο αισθητήρας δεν αρκεί για να ληφθούν αντικειμενικές ενδείξεις. Η αποτελεσματικότητα των αισθητήρων, εξαρτάται από το εύρος της έκτασης που χρησιμοποιούνται. Σε μεγαλύτερες εκτάσεις, θα πρέπει να εφαρμοστεί ένα σύστημα, από τους κατάλληλους για τον κάθε σκοπό αισθητήρες, στο οποίο θα πρέπει να τοποθετηθούν σε διάσπαρτες τοποθεσίες. Ένα τέτοιο σύστημα αναφέρεται ως Σύστημα Ασύρματων Αισθητήρων (Wireless Sensor Network/ WSN), το οποίο αποτελείται από ένα σύνολο ειδικών και χωρικών αισθητήρων, για την παρακολούθηση της φυσικής κατάστασης του περιβάλλοντος, την προσωρινή αποθήκευση των δεδομένων που έχουν συλλεχθεί και την μεταφορά των συγκεντρωμένων πληροφοριών σε μία κεντρική τοποθεσία. Ένα WSN σύστημα, αποτελείται από διαφορετικούς κόμβους, οι οποίοι επικοινωνούν μεταξύ τους ασύρματα. Διαθέτουν έναν κεντρικό κόμβο (κόμβος συλλέκτης), στον οποίο γίνεται η προώθηση των δεδομένων που έχουν συγκεντρωθεί από τους υπόλοιπους αισθητήρες και που θα τεθούν σε επεξεργασία. Σε αυτόν τον κόμβο, γίνεται η απεικόνιση των δεδομένων, τα οποία συλλέγονται από κάθε περιοχή ελεγχόμενης έκτασης (Nóbrega et al., 2019).

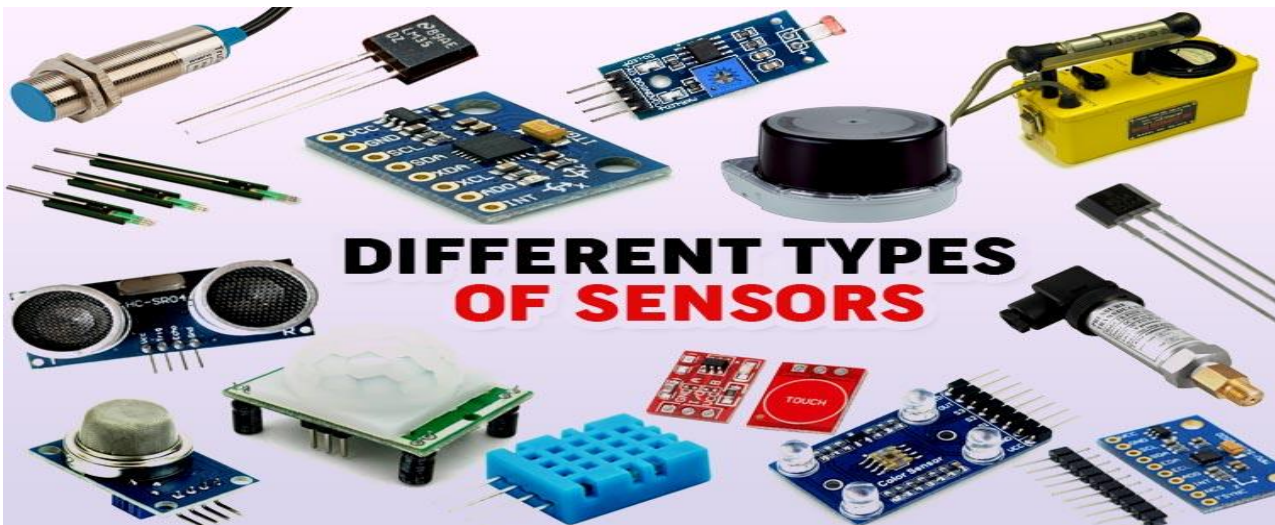
Στα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων εμφανίζεται επίσης η έννοια της ομότιμης επικοινωνίας - «peer to peer» (P2P). Η συλλογή των πληροφοριών γίνεται από περισσότερους από έναν κόμβους μέσα στο σύστημα, οι οποίοι προωθούν τις πληροφορίες που λαμβάνουν από το περιβάλλον και τις μεταφέρουν ο ένας στον άλλον (εφόσον έχουν κοινή εμβέλεια), λειτουργώντας σαν κρίκοι μιας αλυσίδας με τελικό δέκτη τον κεντρικό κόμβο του συστήματος. Έτσι, οι συγκεντρωμένες πληροφορίες, μεταφερόμενες από κόμβο σε κόμβο, μπορούν να διαχέονται σε ολόκληρη την έκταση με τη χρήση ασύρματης επικοινωνίας, μέχρι να καταλήξουν στον κεντρικό κόμβο - συλλέκτη, ο οποίος επικοινωνεί με το υπολογιστικό σύστημα, που με τη σειρά του, τα αποστέλλει στον τελικό χρήστη. Ο κεντρικός κόμβος έχει επίσης την ικανότητα να εκτελεί κάποιες εργασίες αυτόματα. Ένα WSN σύστημα μπορεί να οργανώνεται, να διαμορφώνεται και να προχωρά σε διάγνωση, χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση. Παράλληλα, μειώνεται σημαντικά η χρήση καλωδίων και λειτουργικού κόστους και απλοποιείται το εν λόγω σύστημα.

Στην κτηνοτροφία ακριβείας, ευρεία χρήση έχουν οι αισθητήρες που τοποθετούνται στα ζώα και ονομάζονται φορητοί (wearables). Με τον όρο «wearables» περιγράφονται οι έξυπνες ηλεκτρονικές συσκευές, που φέρουν μικροαισθητήρες και είναι κατασκευασμένοι ώστε να μην διακόπτουν ή περιορίζουν τις κινήσεις του χρήστη. Η χρήση τους, έχει ως σκοπό την αδιάκοπη και λεπτομερή παρακολούθηση των δραστηριοτήτων κάθε ζώου ξεχωριστά και την συγκέντρωση δεδομένων σχετικά με την υγεία του (π.χ. μέτρηση καρδιακών παλμών, αρτηριακής πίεσης, ποσοστού οξυγόνου κτλ.) (Zhang et al., 2021). Οι φορητοί αισθητήρες επικοινωνούν απευθείας με έξυπνες φορητές συσκευές π.χ. έξυπνα τηλέφωνα ή ψηφιακούς βοηθούς.

Οι πληροφορίες που ανιχνεύονται, μεταδίδονται μέσω ασύρματου δικτύου, αξιοποιώντας οποιοδήποτε υπάρχον πρότυπο τεχνολογίας επικοινωνίας. Το Wearable IoT (W-IoT), όπως ονομάζεται το αποτέλεσμα αυτής της ενσωμάτωσης, προσφέρει το πλεονέκτημα της συλλογής ενός τεράστιου όγκου δεδομένων κάθε χρονική στιγμή, από οποιοδήποτε μέρος και σε οποιοδήποτε περιβαλλοντικές συνθήκες. Για τη σωστή λειτουργία της κτηνοτροφίας ακριβείας απαιτείται η συλλογή δεδομένων μέσω αισθητήρων, σε πραγματικό χρόνο, χωρίς να ενοχλούνται τα ζώα και να επηρεάζονται οι καθημερινές τους δραστηριότητες. Η παρακολούθηση απαιτεί αισθητήρες στρατηγικά τοποθετημένους εντός των χώρων διαβίωσής τους, ενώ για μεμονωμένα ζώα απαιτείται ταυτοποίηση με ατομικά μέσα σήμανσης και φορητές συσκευές που καταγράφουν σε μόνιμη βάση. Προηγούμενες μελέτες, οι οποίες έγιναν στο συγκεκριμένο πεδίο κατέδειξαν ότι ορισμένα είδη αισθητήρων, που τοποθετούνται στα ζώα και που χρησιμοποιούνται στις φορητές συσκευές, ανάλογα με τον σκοπό λειτουργίας τους ταξινομούνται ως εξής:

- **Βιοχημικοί αισθητήρες**, περιγράφουν τον συνδυασμό των βιοαισθητήρων με τους χημικούς αισθητήρες,

- **Φυσικοί αισθητήρες**, μερικές από τις βασικές λειτουργίες τους είναι, η παρακολούθηση του καρδιακού παλμού, της αρτηριακής πίεσης, του επιπέδου του οξυγόνου, παρακολούθηση της θερμοκρασίας του σώματος, η οποία διαχωρίζεται στην παρακολούθηση της θερμοκρασίας του δέρματος και στην παρακολούθηση της θερμοκρασίας του κορμού και τέλος
- **Μικροαισθητήρες**, ονομάζονται έτσι γιατί έχουν μικρό μέγεθος, ελάχιστο βάρος και βιοσυμβατότητα. Οι συσκευές μικροαισθητήρων, εμφυτεύονται κυρίως στους ιστούς ή στα ζωτικά όργανα των ζώων, ακολουθώντας μια ελάχιστα επεμβατική μέθοδο, η οποία διαθέτει μεγάλη ακρίβεια, δεν υφίστανται περιορισμοί, ανάλογα με το μέγεθος του ζώου και δεν κινδυνεύει να χαθεί από το ζώο. Το μειονέκτημα είναι το πολύ μεγάλο κόστος και μια μικρή επίδραση στην υγεία των ζώων.



Εικόνα 18: Διάφοροι τύποι Αισθητήρων [πηγή εικόνων: 17]

5.4 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΥ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗΣ ΘΕΣΗΣ – GLOBAL POSITIONING SYSTEM (GPS)

Το Σύστημα Παγκόσμιου Εντοπισμού Γεωγραφικής Θέσης (GPS) είναι ένα δορυφορικό σύστημα πλοήγησης που δημιουργήθηκε στις Ηνωμένες Πολιτείες (ΗΠΑ). Για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί απαιτείται η λειτουργία τουλάχιστον 24 δορυφόρων NAVSTAR (Navigation Signal Timing and Ranging Global Positioning System) σε τροχιά 12ωρης διάρκειας και σε απόσταση από την επιφάνεια της γης πάνω από 17.055 χλμ. Κάθε δορυφόρος εκπέμπει ένα μοναδικό κωδικοποιημένο σήμα, μονής κατεύθυνσης προς τη γη, ενώ διαθέτει δύο ή τρία ατομικά ρολόγια, στα οποία ο χρόνος μετριέται ανά τρισεκατομμυριοστό του δευτερολέπτου. Για να μπορεί να χρησιμοποιηθεί το σύστημα απαιτείται να υπάρχει μια κεραία/ δέκτης GPS που να μπορεί να λαμβάνει και να εντοπίζει τα κωδικοποιημένα σήματα από τρεις τουλάχιστον δορυφόρους.

Το σύστημα εντοπισμού θέσης GPS σχηματίζει ένα παγκόσμιο δίκτυο, με εμβέλεια που καλύπτει ξηρά, θάλασσα και αέρα. Εξαιτίας αυτής της έκτασής του, είναι απαραίτητος ο διαχωρισμός του σε επιμέρους τμήματα όπου πραγματοποιούνται όλες οι λειτουργίες αλλά και ο συντονισμός του (Brace, 2009).

Αναλυτικά, τα τμήματα αυτά είναι (<https://www.wikipedia.org/>):

- 1) **Διαστημικό τμήμα:** Αποτελείται από το δίκτυο των 24 δορυφόρων. Οι δορυφόροι καλύπτουν ομοιόμορφα με το σήμα τους ολόκληρο τον πλανήτη, γεγονός που αποδεικνύει τη φιλοσοφία που κρύβεται πίσω από τη λειτουργία του συστήματος GPS, δηλαδή τη διαθεσιμότητά σε κάθε σημείο της Γης, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος να αποπροσανατολιστεί κανείς, ποτέ και πουθενά.
- 2) **Επίγειο τμήμα ελέγχου:** Οι δορυφόροι, όπως είναι αναμενόμενο, είναι πολύ πιθανό να αντιμετωπίσουν ανά πάσα στιγμή προβλήματα στη λειτουργία τους. Οι έλεγχοι που πραγματοποιούνται αφορούν στη σωστή ταχύτητα, στο υψόμετρο και στην επάρκειά τους σε ηλεκτρική ενέργεια. Παράλληλα, εφαρμόζονται όλες οι διορθωτικές ενέργειες που αφορούν στο σύστημα χρονομέτρησης των δορυφόρων, ώστε να αποτρέπεται η παροχή λανθασμένων πληροφοριών στους χρήστες του συστήματος. Το τμήμα επίγειου ελέγχου αποτελείται από ένα επανδρωμένο και τέσσερα μη επανδρωμένα κέντρα, εγκατεστημένα σε ισάριθμες περιοχές του πλανήτη. Οι περιοχές αυτές είναι οι εξής: α) Colorado (ΗΠΑ), β) Hawaii (Ανατολικός Ειρηνικός Ωκεανός), γ) Ascension Island (Ατλαντικός Ωκεανός), δ) Diego Garcia (Ινδικός Ωκεανός), ε) Kwajalein (Δυτικός Ειρηνικός Ωκεανός). Ο κυριότερος σταθμός βάσης είναι αυτός του Κολοράντο (Colorado) στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής (USA), ο οποίος είναι και ο μοναδικός που βρίσκεται στην ξηρά. Ο σταθμός βάσης, αναλαμβάνει τον έλεγχο της σωστής λειτουργίας των υπόλοιπων τεσσάρων σταθμών, καθώς και τον συντονισμό τους. Σημειώνοντας τη θέση των σταθμών πάνω σε έναν παγκόσμιο χάρτη, παρατηρείται ότι ακολουθούν μια γραμμή παράλληλη με τα γεωγραφικά μήκη της Γης.
- 3) **Τμήμα τελικού χρήστη:** Απαρτίζεται από τους χιλιάδες χρήστες δεκτών GPS ανά την υφήλιο. Για να προσφέρουν όσο το δυνατόν περισσότερες πληροφορίες, οι δέκτες συνδυάζονται με ειδικό λογισμικό, που προβάλλει έναν χάρτη στην οθόνη της συσκευής GPS. Πρόκειται για λογισμικό που λαμβάνει από τους δορυφόρους, τις πληροφορίες για το στίγμα του σημείου στο οποίο βρίσκεται ο δέκτης και τις μετατρέπει σε κατανοητή - ανθρώπινη μορφή, πληροφορώντας το χρήστη για την ακριβή γεωγραφική του θέση.

Μια τυπική μονάδα περιλαμβάνει ένα δέκτη GPS που παρέχει τα δεδομένα θέσης, έναν φορητό υπολογιστή που τα αποθηκεύει και τα παρουσιάζει και το κατάλληλο λογισμικό συλλογής δεδομένων. Το GPS υπολογίζει μια πληθώρα πληροφοριών όπως, το γεωγραφικό μήκος και πλάτος, το υψόμετρο, την ταχύτητα, την κατεύθυνση και την ακρίβεια θέσης του χρήστη, που καταγράφονται και αποθηκεύονται ως ένας αριθμός συντεταγμένων. Υπολογίζεται ο μέσος όρος τους και γίνεται αποθήκευση του συγκεκριμένου, μεμονωμένου σημείου, ώστε να δοθούν ακριβείς οδηγίες πλοήγησης. Οι καταγεγραμμένες πληροφορίες – δεδομένα, μέσω ενός ασύρματου δικτύου αισθητήρων, αποστέλλονται στον κεντρικό σταθμό παρακολούθησης.

Τα ηλεκτρονικά συστήματα εντοπισμού θέσης και μεταφοράς δεδομένων περιλαμβάνουν Αναγνώριση Ραδιοσυχνοτήτων (RFID), Ασύρματα Δίκτυα Αισθητηρίων (WSN), Καθολική Θέση (GPS), Ασύρματα Δίκτυα αισθητήρων (WSN), Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) και Ευρεία περιοχή χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας (LPWA). Οι ετικέτες RFID έχουν τη δυνατότητα ενσωμάτωσης συσκευών εντοπισμού GPS και μπορούν να τοποθετηθούν στα έξυπνα περιλαίμια (εικ. 19) ή στα μέσα σήμανσης που φέρει το ζώο. Ο κτηνοτρόφος, αφού έχει εγκατεστημένο στην έξυπνη συσκευή ένα απλό πρόγραμμα γεωγραφικού εντοπισμού, δύναται να παρακολουθεί εξ' αποστάσεως τα ζώα του σε πραγματικό χρόνο. Τέτοιου είδους εφαρμογές είναι ιδιαίτερα χρήσιμες σε περίπτωση που κάποιο ζώο αντιμετωπίζει προβλήματα κίνησης, π.χ. λόγω τραυματισμού, ή για ζώα που κυοφορούν, διότι μπορεί εύκολα να τα εντοπίζει σε περίπτωση επιπλοκών. Η συγκεκριμένη επένδυση μπορεί να αποβεί σωτήρια, ειδικά για τα ζώα εκτατικής εκτροφής και κυρίως τις αίγες, που έχουν την τάση να μετακινούνται σε πολύ δύσβατα και δυσπρόσιτα μέρη για να βοσκήσουν (<https://www.ypaitiros.gr/>).



Εικόνα 19: Αίγα που φέρει περιλαίμιο με σύστημα εντοπισμού [πηγή εικόνων: 18]

5.5 ΜΗ ΕΠΑΝΔΡΩΜΕΝΑ ΑΕΡΟΧΗΜΑΤΑ – UNMANNED AERIAL VEHICLES (UAVs)

Μη επανδρωμένα αεροχήματα (ΜΕΑ) –Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) ή όπως είναι ευρέως γνωστά ως Drones, ονομάζονται κάθε είδους ιπτάμενα οχήματα που δεν έχουν χειριστή στην άτρακτό τους, αλλά πραγματοποιούν πτήσεις αυτόνομα ή τηλεκατευθυνόμενα (<https://www.wikipedia.org/>). Τα ΜΕΑ συνήθως έχουν τη μορφή μικρού αεροπλάνου ή ελικοπτέρου με έναν ή περισσότερους κινητήρες και έλικες συντονισμένους, για πλήρως ελεγχόμενη πτήση από ειδικό πρόγραμμα ή χειριστήριο εδάφους. Έχουν ενσωματωμένη κάμερα και τη δυνατότητα καταγραφής εικόνας και ήχου. Η χρήση των UAVs στον τομέα της κτηνοτροφίας, αποτελεί ένα πολύ εύχρηστο εργαλείο για την παρακολούθηση και τον εντοπισμό των ζώων (εικ. 20).

Οι κτηνοτρόφοι χρησιμοποιούν ΜΕΑ (UAVs) για να τους βοηθούν να έχουν εύκολη πρόσβαση σε δυσπρόσιτα μέρη. Τους επιτρέπει να ελέγχουν τις ταΐστρες, τις ποτίστρες και τις συμπεριφορές των ζώων που βόσκουν, ώστε να εντοπίζουν πιθανά προβλήματα και να τα αντιμετωπίζουν πριν λάβουν μεγαλύτερες διαστάσεις. Πρόκειται για ένα ακόμη προληπτικό μέτρο ανίχνευσης ασθενειών ή μολύνσεων στο κοπάδι. Τα ΜΕΑ βοηθούν επίσης τους κτηνοτρόφους να παρακολουθούν την κίνηση των ζώων τους και να εντοπίζουν τα ληθαργικά ζώα που μπορεί να χρειάζονται βοήθεια. Παράλληλα, τα ΜΕΑ που διαθέτουν θερμικές κάμερες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο της θερμοκρασίας του σώματος των ζώων, με τη βοήθεια απλής κάμερας. Μπορούν επίσης να εντοπίσουν και να μετρήσουν τα ζώα, καθώς και να καθοδηγήσουν ολόκληρο το κοπάδι (Sarwar et al., 2021).

Μία από τις βασικότερες προκλήσεις χρήσης τέτοιου είδους συσκευών, είναι η περιορισμένη ισχύς (μικρής διάρκειας μπαταρία), που περιορίζει το χρόνο λειτουργίας τους και τις αναγκάζει να επιστρέφουν στον κεντρικό σταθμό για επαναφόρτιση. Τέλος, μία ακόμη πρόκληση σχετικά με τη χρήση των UAV οχημάτων, αποτελεί το κόστος τους, το οποίο αυξάνεται περισσότερο ανάλογα με το εάν διαθέτουν καλό λογισμικό, θερμικές κάμερες υψηλής ανάλυσης και μεγάλης διάρκειας μπαταρία.



Εικόνα 20: Drone παρακολουθεί πρόβατα [πηγή εικόνων: 19]

5.6 ΜΗ ΕΠΙΧΕΙΡΟΥΜΕΝΑ ΟΧΗΜΑΤΑ ΕΛΑΦΟΥΣ –UNMANNED GROUND VEHICLES (UGVs)

Στον τομέα της γεωργίας ακριβείας, τα UGVs εκτελούν βασικές εργασίες, όπως συγκομιδή, σπορά, ψέκασμα, άρδευση με ακρίβεια, επιτήρηση του αγροκτήματος, απομάκρυνση των χόρτων και πολλά ακόμη γι' αυτό και χρησιμοποιούνται ευρέως στις σύγχρονες χώρες ανά τον κόσμο. Παράλληλα, προσφέρουν ακριβή εφαρμογή των λιπασμάτων και των παρασιτοκτόνων, ελαττώνοντας τις περιβαλλοντικές συνέπειες. Ορισμένα είδη ρομποτικών συστημάτων κατατάσσονται ανάλογα με τον τρόπο που κινούνται στο χώρο, σε κινούμενα (συνήθως με ρόδες), βαδίζοντα (εικ. 21) και εναέρια (drones). Τα ρομπότ συνήθως κατασκευάζονται από πλαστικό ή μέταλλο και το σχήμα τους μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τη χρήση που προορίζονται. Στο πλαίσιο τους προσαρμόζονται κινητήρες, μπαταρίες, ηλεκτρικά και ηλεκτρονικά κυκλώματα, καθώς και πλήθος αισθητήρων μαζί με κάμερες. Το σύστημα των αισθητήρων, είναι το βασικότερο κομμάτι λειτουργίας ενός ρομπότ, διότι έτσι αντιλαμβάνεται το περιβάλλον γύρω του και μπορεί να εκτελεί εργασίες με ευφυή τρόπο, έχοντας την ικανότητα να εντοπίζει, τυχόν εμπόδια που παρουσιάζονται στην πορεία του. Σκοπός των UGVs είναι η προστασία τόσο των ανθρώπων όσο και των ζώων, τα οποία μπορεί να κινούνται γύρω από τα οχήματα, αλλά και των άλλων ρομπότ, με τα οποία μπορεί να συνεργάζονται. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα στον τομέα της Κτηνοτροφίας Ακρίβειας, αποτελούν τα αυτόματα αμελκτικά συστήματα (Milking robots), οι αυτόματοι διανομείς τροφής, οι αυτόματοι καθαριστές της κόπρου και οτιδήποτε μπορεί να αξιολογηθεί ως αυτοματοποιημένη διαδικασία.



Εικόνα 21: Ρομποτικός σκύλος της Boston Dynamics [πηγή εικόνων: 20]

5.6.1 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΙ ΡΟΜΠΟΤΙΚΗ ΑΜΕΛΞΗ

Ένα από τα προβλήματα που εμποδίζει την ανάπτυξη του κλάδου της αιγοπροβατοτροφίας είναι ο παραδοσιακός τρόπος άμελξης των ζώων, που στην πλειονότητα των εκτροφών συνεχίζει να γίνεται χειρωνακτικά. Αυτός ο τρόπος αποτελεί επίπονη εργασία και το γάλα που λαμβάνεται λόγω του υψηλού μικροβιακού φορτίου, δημιουργεί προβλήματα κατά την τυροκόμηση και στην ποιότητα των τυροκομικών προϊόντων. Η μηχανική άμελξη από την άλλη, επιτρέπει στον κτηνοτρόφο να βελτιώνει την παραγωγικότητα της εκμετάλλευσής του, την ποιότητα εργασίας του, να διασφαλίζει την υγιεινή των προϊόντων του και να εποπτεύει τη φυσική κατάσταση και την αναπαραγωγική ικανότητα των ζώων του. Τα τελευταία χρόνια οι Έλληνες κτηνοτρόφοι, κυρίως οι νεότερης ηλικίας, άρχισαν να αναγνωρίζουν τα οφέλη της αυτοματοποίησης και στρέφονται στα μηχανικά συστήματα άμελξης. Οι αμελκτικές μηχανές μιμούνται τον τρόπο με τον οποίο θηλάζει το αμνοερίφιο. Οι εναλλασσόμενοι κύκλοι αναρρόφησης και κατάποσης του γάλακτος από το νεογνό, ανέρχονται στους 80-120/ λεπτό (Σκαπέτας, 2016). Με τον ίδιο τρόπο λειτουργεί και μία αμελκτική μηχανή, έτσι ώστε η λήψη του γάλακτος από το μαστό να μην προκαλεί τραυματισμούς και αλλοιώσεις στη σύνθεση και στις οργανοληπτικές ιδιότητες του τελικού προϊόντος.

Οι μηχανές άμελξης αιγοπροβάτων κατηγοριοποιούνται σε (Σκαπέτας, 2016):

1. Μετακινούμενες με κάδο (moveable bucket type)
2. Μόνιμες με δίκτυο σωληνώσεων (pipeline type)
3. Μόνιμες για άμελξη κατευθείαν στον κάδο (direct-to-can)
4. Μηχανές για αυτόματη άμελξη (robot milking)

Ένα αμελκτικό συγκρότημα αποτελείται από τα εξής μέρη (Λάγκα, 2017):

- 1. Σύστημα κενού** το οποίο περιλαμβάνει: α) Αντλία κενού, β) Δοχείο κενού, γ) Ρυθμιστής κενού, δ) Όργανο ένδειξης κενού (μανόμετρο) και ε) Γραμμή κενού (σωληνώσεις, βαλβίδες και πώματα)
- 2. Σύστημα άμελξης** που περιλαμβάνει: α) Αμελκτικά κύπελλα, β) Συλλέκτη γάλακτος ανά αμελκτικό κύπελλο, γ) Παλμοδότες (πνευματικοί ή ηλεκτρονικοί), δ) Πίνακα ελέγχου ηλεκτρονικών παλμοδοτών και ε) Δίκτυο σωληνώσεων μεταφοράς γάλακτος
- 3. Σύστημα συγκέντρωσης γάλακτος** το οποίο αποτελείται από: α) Δοχείο προσαρμογής κενού, β) Δοχείο υποδοχής γάλακτος με σύστημα ελέγχου στάθμης, γ) Αντλία γάλακτος, δ) Φίλτρο γάλακτος και ε) Σωληνώσεις
- 4. Σύστημα πλύσεως συγκροτήματος**, που αποτελείται από: α) Πίνακα ηλεκτρονικού ελέγχου, β) Βαλβίδες εναλλαγής νερού και διαλυμάτων, γ) Αντλίες αυτόματης αναρρόφησης απολυμαντικών και καθαριστικών διαλυμάτων, δ) Δοχείο υποδοχής νερού και διαλυμάτων και ε) Σωληνώσεις και θύλακες εφαρμογής αμελκτικών κυπέλλων

Οι διάφορες τεχνικές που εφαρμόζονται στην κατασκευή των αμελκτικών συγκροτημάτων για τις αίγες, είναι ανάλογες με αυτές που χρησιμοποιούνται για τα πρόβατα, με μερικές όμως σημαντικές διαφορές που αφορούν στις διαστάσεις των αμελκτικών κυπέλλων και στις βασικές παραμέτρους της λειτουργίας τους. Οι βασικές παράμετροι που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα της άμελξης και κατά συνέπεια επηρεάζουν και την υγεία του μαστικού αδένου των ζώων είναι: το επίπεδο κενού, η συχνότητα των παλμών και η σχέση παλμοδότησης (αναρρόφησης/μάλαξης) (Σκαπέτας, 2016).

Ένα αυτόματο ρομποτικό σύστημα άμελξης (εικ.22) αποτελείται από τα ίδια μέρη με το μηχανικό, με τη διαφορά ότι αυτοματοποιούνται όλες οι εργασίες. Το ζώο εισέρχεται μόνο του από αυτόματη είσοδο στον ειδικό χώρο άμελξης, όταν νιώσει ότι πρέπει να αμελχθεί και γνωρίζοντας ότι υπάρχει πρόσβαση σε τροφή. Για το λόγο αυτό απαιτείται κάποιου είδους εκπαίδευση των ζώων. Κατά την είσοδο τους στο αυτόματο αμελκτήριο, ελέγχεται ο μοναδικός αριθμός σήμανσης που φέρουν στο κολάρο ή στο μέσο σήμανσης και μέσω ειδικού λογισμικού καταγράφεται σε ένα σύστημα ηλεκτρονικού υπολογιστή, που θα εμποδίσει την είσοδό του, εφόσον εντοπίσει ότι εισήλθε πρόσφατα. Στη συνέχεια ένας ρομποτικός βραχίονας κινείται αργά και προσεκτικά, μέχρι να πάρει θέση κάτω από την κοιλιακή χώρα του ζώου. Μέσω ειδικών αισθητήρων και μιας μικροκάμερας, που είναι ενσωματωμένα στο βραχίονα εντοπίζεται ο μαστός.

Αφού προσεγγίσουν με ακρίβεια αυτομάτως δίνουν εντολή στα μηχανικά θήλαστρα να προσαρμοστούν στις θηλές για να ξεκινήσει η διαδικασία, ταυτόχρονα μέσω αυτοματοποιημένου συστήματος τοποθετείται τροφή. Έτσι καθ' όλη τη διάρκεια της άμελξης το ζώο τρώει για να παραμένει σε ηρεμία. Μετά τη λήψη του γάλακτος και μέσω των κατάλληλων αισθητήρων, γίνεται καταγραφή της ποσότητας και έλεγχος της ποιότητάς του. Ελέγχεται δηλαδή το πλήθος των σωματικών κυττάρων και τυχόν προσβολές από ασθένειες του μαστού (μαστίτιδες). Στη συνέχεια μεταφέρεται μέσω σωληνώσεων απευθείας στην παγολεκάνη (χώρος συγκέντρωσης γάλακτος) ή αν κριθεί ακατάλληλο απορρίπτεται. Μετά το πέρας της άμελξης, γίνεται αυτόματη απολύμανση των θηλών και το ζώο εξέρχεται. Τα αμελκτικά θήλαστρα απολυμαίνονται αυτόματα και πριν εισέλθει το επόμενο ζώο, για να υπάρχει αποφυγή μετάδοσης ασθενειών του μαστού.

Με το ρομποτικό σύστημα άμελξης υπάρχει δυνατότητα καταγραφής πολλών παραμέτρων και στοιχείων του κάθε ζώου. Λειτουργούν 24 ώρες το 24ωρο, 365 μέρες το χρόνο, ενώ δίνεται η δυνατότητα χορήγησης συγκεκριμένου σιτηρεσίου ανάλογα με το στάδιο της γαλακτικής περιόδου. Τα έξοδα για εργατικά χέρια μειώνονται στο ελάχιστο, ενώ αυξάνεται ο χρόνος των παραγωγών που μπορούν να τον αφιερώσουν σε άλλου είδους εργασίες. Τέλος, η απουσία του ανθρώπινου παράγοντα κατά τη διάρκεια της άμελξης προσδίδει ηρεμία στα ζώα και τους επιτρέπει να έχουν μεγαλύτερες αποδόσεις (<https://www.lely.com/gr/>).



Εικόνα 22: Ρομποτικό Σύστημα Άμελξης Αγελάδων [πηγή εικόνων: 21]

5.6.2 ΑΥΤΟΜΑΤΟΙ ΔΙΑΝΟΜΕΙΣ ΤΡΟΦΗΣ

Ένα ακόμη ενδιαφέρον αυτοματοποιημένο μηχάνημα που χρησιμοποιείται τα τελευταία χρόνια σε αρκετές αγελαδοτροφικές εκμεταλλεύσεις, είναι ο αυτόματος διανομέας τροφής ή αλλιώς ρομπότ σίτισης (**εικ. 23**). Το ρομπότ λειτουργεί αυτόματα και φροντίζει για την καλύτερη εφαρμογή του προγράμματος σίτισης. Πηγαίνει στον χώρο φόρτωσης, αναμιγνύει την ζωοτροφή σε ένα ομοιογενές μείγμα, οδηγεί μέσα από τους διαδρόμους και την διανέμει., ενώ η συγκεκριμένη διαδικασία μπορεί να επαναληφθεί πολλές φορές την ημέρα. Με το ρομπότ σίτισης, οι σύγχρονοι κτηνοτρόφοι έχουν όλα τα απαραίτητα εργαλεία για την ελαχιστοποίηση του κόστους παραγωγής και την εξασφάλιση της καθημερινής εφαρμογής του προγράμματος σίτισης των ζώων. Ένα πλήρως μη επανδρωμένο ρομπότ σίτισης, ελέγχεται από έναν κεντρικό υπολογιστή μέσω ενός συστήματος IoT που συμπεριλαμβάνει συνταγές και τη διαδρομή οδήγησης, ενώ η πλοήγηση γίνεται μέσω ενός συστήματος RFID. Υπάρχει δυνατότητα παροχής μέγιστων πληροφοριών διαχείρισης της ποσότητας και του αριθμού των ζώων που ταΐζονται ανά ομάδα, ανά ημέρα. Τα ρομποτικά συστήματα σίτισης είναι συνήθως αυτοκινούμενα οχήματα με 800 έως 2.000 λίτρα μέγεθος κάδου, φέρουν ζυγαριά για ακριβή ζύγιση των ζωοτροφών και έχουν τη δυνατότητα ασύρματης μεταφοράς δεδομένων σε κάποιο κεντρικό υπολογιστή.



Εικόνα 23: Αυτόματος Διανεμητής Τροφής [πηγή εικόνων: 21]

Τα αυτόματα ρομποτικά συστήματα στη χώρα μας, εγκαθίστανται μέχρι στιγμής μόνο σε αγελαδοτροφικές εκμεταλλεύσεις. Μία από τις εταιρίες που έχει εδραιωθεί στην τοποθέτηση ρομποτικών συστημάτων, αναφέρει ότι μέχρι το 2022 είχε εγκαταστήσει 17 ρομποτικά συστήματα και πλέον έχει προς παράδοση 75 που θα τοποθετηθούν σε 28 κτηνοτροφικές εκμεταλλεύσεις και πως μέχρι το τέλος του 2023 θα έχει ολοκληρωθεί η εγκατάστασή τους (<https://www.lely.com/gr/>).

5.7 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΙΚΟΝΑΣ ΚΑΙ ΗΧΟΥ

Τα ζώα και ειδικότερα τα αιγοπρόβατα είναι πολύ ευαίσθητα όντα. Για να εξασφαλιστεί η ευζωία τους, πρέπει να διασφαλίζονται οι καταλληλότερες συνθήκες διαβίωσης, διατροφής και διαχείρισης. Η ευζωία (welfare) ορίζεται ως η θετική συναισθηματική και φυσική κατάσταση των ζώων, που σχετίζεται με τις ανάγκες τους από πλευράς φυσιολογίας και συμπεριφοράς, αλλά και με τις προσδοκίες τους για καλή μεταχείριση από πλευράς εκτροφέα. Η ευζωία αποτελεί βασικό παράγοντα για μια εξαιρετική και υψηλής ποιότητας ζωική παραγωγή (<https://www.dairynews.gr/>). Μια σημαντική πτυχή για την κατανόηση της ευζωίας, είναι ότι οι συναισθηματικές καταστάσεις των ζώων, μπορεί να είναι είτε αρνητικές είτε θετικές. Ως συναισθήματα νοούνται οι καταστάσεις που μπορεί να ποικίλλουν ως προς την ένταση, τη διάρκεια, το επίπεδο διέγερσης και το κατά πόσο ευχάριστα ή δυσάρεστα είναι, αντικατοπτρίζοντας την αντίληψη του ζώου για τις συνθήκες του περιβάλλοντος π.χ. αν νιώθει άνετα, αν έχει όρεξη για παιχνίδι ή αν νιώθει κατάθλιψη και μοναξιά. Για να διευκολυνθεί η αξιολόγηση της ευζωίας, έχει δημιουργηθεί το μοντέλο των πέντε τομέων «Five Domains Model» (FDM). Οι τρεις πρώτοι τομείς περιλαμβάνουν την αξιολόγηση των παραγόντων που σχετίζονται με την επιβίωση, όπως η διατροφή, το περιβάλλον και η υγεία, ενώ ο τέταρτος τομέας αφορά στη συμπεριφορά. Με βάση τους τέσσερις αυτούς τομείς αξιολογείται και ο πέμπτος τομέας που έχει να κάνει με την ψυχική κατάσταση (Mellor et al., 2020).

Η καλή σχέση ανθρώπου και ζώου, αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για τη διαχείριση και την παραγωγικότητα μιας εκμετάλλευσης. Η δυνατότητα των ανθρώπων να αντιλαμβάνονται μέσω συγκεκριμένων ήχων που εκπέμπουν τα ζώα, τις διαφορετικές συμπεριφορές και τον τρόπο που αντιδρούν ανάλογα με τον τρόπο που τους συμπεριφέρονται αποκτάται με την εμπειρία. Σε κάθε περίπτωση οι ήχοι που παράγονται από τα ζώα, για ένα έμπειρο «αυτί» είναι διαφορετικοί, όμως δεν υπάρχει πάντα η δυνατότητα παρακολούθησής τους και όταν υπάρξει, πολλές φορές είναι δύσκολο να αντιληφθεί κάποιος από ποιο ζώο προέρχονται λόγω συνωστισμού. Από την άλλη, η επικοινωνία και η ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των ζώων, συμβαίνει, χρησιμοποιώντας τις πέντε αισθήσεις τους, δηλαδή μπορεί να είναι είτε οπτική, ακουστική, οσφρητική, γευστική, είτε απτική. Έτσι έχουν την ικανότητα να αντιλαμβάνονται το περιβάλλον γύρω τους και να επικοινωνούν μεταξύ τους μεταφέροντας πληροφορίες για συγκεκριμένες καταστάσεις. Ο ήχος που παράγουν, κοινώς το βέλασμα, σε κάθε κατάσταση που βιώνουν διαφέρει, π.χ. ειδοποίηση για εύρεση τροφής ή σε περίπτωση κάποιας απειλής ή κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγικής περιόδου ή ως μέσο κοινωνικοποίησης. Πολύ σημαντικός είναι και ο τρόπος επικοινωνίας μεταξύ μητέρας και νεογνού.

5.8 ΜΕΤΡΗΣΗ ΣΩΜΑΤΙΚΟΥ ΒΑΡΟΥΣ

Η ακριβής μέτρηση του σωματικού βάρους είναι απαραίτητη για τη διαχείριση των ζώων σε εκτατικές κυρίως εκτροφές, διότι είναι βασικός παράγοντας για τον καθορισμό του ρυθμού αποθήκευσης λίπους στα ζώα ελευθέρως βοσκής, καθώς η εύρεση τροφής είναι δυσκολότερη και μπορεί να χρειαστεί μετακίνηση των ζώων σε άλλους βοσκότοπους. Η ζύγιση αποτελεί μια χρονοβόρα και αγχωτική διαδικασία για τα ζώα και δεν είναι εύκολη ούτε για τον κτηνοτρόφο, ενώ εξαρτάται και από τις εγκαταστάσεις του αγροκτήματος και την τοποθεσία των ζώων (π.χ. για ζώα που εκτρέφονται σε ημιεντατικά συστήματα εκτροφής). Για να ξεπεραστούν τα όποια προβλήματα, πλατφόρμες γνωστές ως «Walk over Weight» (WOW) (εικ.24) και κιβώτια ζύγισης, έχουν αναπτυχθεί και εφαρμόζονται κυρίως σε εντατικές γαλακτοπαραγωγικές εκμεταλλεύσεις (Aquilani et al., 2021). Τα τελευταία χρόνια, με την ανακάλυψη νέων τεχνολογιών, όπως οι ηλιακοί συλλέκτες και τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, κάνουν την εμφάνισή τους και στις εκτατικές εκμεταλλεύσεις, όπου τα ζώα μπορεί να παραμένουν για εβδομάδες ή μήνες χωρίς να ζυγιστούν.

Το WOW αποτελείται από μια ειδικά σχεδιασμένη πλατφόρμα μονόδρομης διάβασης προς ένα συμπληρωματικό τροφοδότη νερού. Κατά μήκος αυτής της διάβασης υπάρχει μια πλατφόρμα ζύγισης, η οποία επικοινωνεί με τις ηλεκτρονικές ταυτοποιήσεις των ζώων σε κάθε πέρασμά τους. Μια ακόμη μέθοδος καταγραφής του σωματικού βάρους είναι τα κιβώτια ζύγισης. Τα ζώα διασχίζουν ένα διάδρομο και μέσω θυρών που κλείνουν από χειριστές, το κάθε ζώο εγκλωβίζεται και ζυγίζεται ακίνητο. Σε αυτά τα κιβώτια, η ζύγιση επιτυγχάνεται με μεγαλύτερη ακρίβεια, όπως επίσης και η ανάγνωση των ετικετών και των μέσων σήμανσης, ενώ μπορεί να πραγματοποιηθεί και ανάλυση των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, αλλά χρειάζεται εργατικό δυναμικό.

Η αυτοματοποιημένη συλλογή δεδομένων μειώνει το άγχος στα ζώα, αφού δεν απαιτείται κάποιος ιδιαίτερος χειρισμός, ούτε και εργατικό δυναμικό. Ωστόσο, υπάρχουν προβλήματα σχετικά με την επαναληψιμότητα και τη συσσώρευση δεδομένων. Τα ανεπεξέργαστα δεδομένα πρέπει να ελέγχονται, χειροκίνητα ή μέσω λογισμικού, για να διαγραφούν ανακριβείς εγγραφές που ενδέχεται να δημιουργηθούν. Μπορούν επίσης να υπάρξουν λανθασμένες μετρήσεις εάν, για παράδειγμα το ζώο τρέχει, ή εάν περισσότερα από ένα ζώα στέκονται πάνω ή στέκονται μόνο με τα δύο πόδια στην πλατφόρμα. Για τη λήψη 12 διαδοχικών μεμονωμένων μετρήσεων, που είναι απαραίτητες για την ακριβή μέτρηση του ζώντος βάρους, χρειάζονται τουλάχιστον 3 εβδομάδες για κάθε ζώο. Ένα ακόμη ζήτημα είναι και ο χρόνος που χρειάζεται κάθε ζώο για να εκπαιδευτεί, έτσι ώστε να στέκεται σωστά πάνω στην πλατφόρμα.



Εικόνα 24: Πλατφόρμα ζύγισης προβάτων με ηλιακούς συλλέκτες [πηγή εικόνων : 22]

5.9 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Στη συνέχεια, γίνεται αναλυτική περιγραφή ορισμένων ερευνητικών προγραμμάτων κτηνοτροφίας ακριβείας, που είναι ή έχουν τη δυνατότητα να αυτοματοποιηθούν και επιτρέπουν την παρακολούθηση της υγείας, της ευζωίας και των περιβαλλοντικών παραμέτρων των ζώων, σε πραγματικό χρόνο. Οι συγκεκριμένες μελέτες που παρουσιάζονται, αφορούν στα αιγοπρόβατα, λόγω του θέματος της συγκεκριμένης εργασίας και έχουν υλοποιηθεί σε χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Είναι όλες αναρτημένες στο διαδίκτυο και οι πηγές τους αναγράφονται στη βιβλιογραφία.

Ένα ερευνητικό πρόγραμμα για την παρακολούθηση των ζώων με τη χρήση τεχνολογιών RFID που πραγματοποιήθηκε από τους Voulodimos et al. (2009), ονομάζεται «**FARMA: A Livestock Management Platform**» και παρουσιάζει τη χρήση μιας πλατφόρμας που είναι σχεδιασμένη με τέτοιο τρόπο ώστε να διαχειρίζεται μεγάλο όγκο πληροφοριών, για διαφορετικά είδη παραγωγικών ζώων. Μέσω ετικετών RFID που ενσωματώνονται στα μέσα σήμανσης, πραγματοποιείται η ταυτοποίηση του κάθε ζώου και αποθηκεύονται διάφορα δεδομένα που αφορούν, στη γαλακτοπαραγωγή/ κρεοπαραγωγή/ εριοπαραγωγή, δεδομένα σχετικά με την υγεία του ζώου, πληροφορίες για το χαρακτήρα, τη συμπεριφορά του κ.ο.κ. Ακόμη δίνεται η δυνατότητα διαγραφής του ζώου σε περίπτωση θανάτου ή μεταφοράς του σε άλλη εκμετάλλευση και επανεγγραφής της ετικέτας RFID.

Όλα τα δεδομένα αποθηκεύονται σε μια ή περισσότερες βάσεις δεδομένων και είναι προσβάσιμα μέσω μιας έξυπνης κινητής συσκευής. Οι δυνατότητες που προσφέρονται μπορεί να είναι οι εξής:

- Πληροφορίες που αφορούν στον ιδιοκτήτη της εκμετάλλευσης
- Διαχείριση των ετικετών RFID που θα τοποθετηθούν στα ζώα
- Εισαγωγή στοιχείων των ζώων που γεννιούνται στην εκμετάλλευση
- Μαζική προσθήκη νέων ζώων που προέρχονται από άλλες εκμεταλλεύσεις
- Πληροφορίες σχετικά με την αναπαραγωγή, την κυοφορία και τους τοκετούς
- Πληροφορίες για εμβολιασμούς, ασθένειες, φαρμακευτικές θεραπείες, σίτισης
- Γενικές πληροφορίες του ζώου, όπως βάρος, ηλικία, γαλακτοπαραγωγή κ.ά.
- Δυνατότητα πρόσβασης στη βάση δεδομένων του κτηνιάτρου της εκμετάλλευσης

Το συγκεκριμένο πρόγραμμα αποδείχθηκε απλό, εύχρηστο και λειτουργικό. Εξυπηρετεί στην παρακολούθηση διαφόρων παραμέτρων από τη γέννηση έως και το θάνατο (σφαγή) του ζώου, ενώ εγγυάται ταχύτητα, ασφάλεια, αξιοπιστία και αποτελεσματικότητα (Voulodimos, et al., 2009).

Μία ακόμη παρόμοια ελληνική εφαρμογή που δημιουργήθηκε από τους Godas D. et al., (2015) σε συνεργασία με το πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, είναι το «**Sheep Manager**», που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό και την καταγραφή της παραγωγικότητας και των χαρακτηριστικών των προβάτων. Το «**Sheep Manager**», χρησιμοποιεί την τεχνολογία NFC για την αναγνώριση προβάτων στο κοπάδι, καθώς και αισθητήρες για τις μετρήσεις και την καταγραφή της γαλακτοπαραγωγής σε πραγματικό χρόνο, ανά προβατίνα. Όλες οι καταγεγραμμένες πληροφορίες αποθηκεύονται στο Cloud.

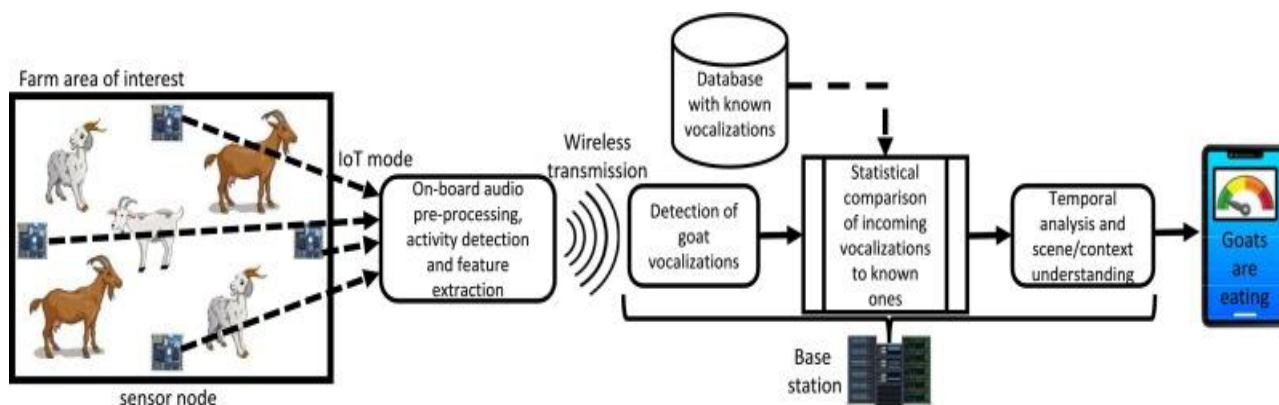
Το «**Sheep Manager**» συγκριτικά με το «**FARMA**» παρουσιάζει τις εξής διαφορές:

1. Η αρχιτεκτονική του «**Sheep Manager**» χρησιμοποιεί ετικέτες NFC αντί για την τεχνολογία RFID για τη διαδικασία αναγνώρισης των ζώων. Η εφαρμογή είναι φορητή και λειτουργεί μέσω οποιουδήποτε κινητού τηλεφώνου με λογισμικό «Android» και δυνατότητα ανάγνωσης NFC, ενώ η εφαρμογή «**FARMA**» απαιτεί έναν αναγνώστη εγγραφής RFID ενσωματωμένο σε μια φορητή συσκευή.
2. Η αρχιτεκτονική του «**SheepManager**» χρησιμοποιεί αισθητήρες για τη μετάδοση δεδομένων π.χ. ποσότητα γάλακτος που εξάγεται ανά πρόβατο και μπορεί να περιλαμβάνει και άλλους αισθητήρες, ενώ εστιάζει μόνο σε προβατοτροφικές εκμεταλλεύσεις.
3. Το «**Sheep Manager**» χρησιμοποιεί διαφορετικές τεχνολογίες και υπηρεσίες εφαρμογών πληροφοριακού συστήματος.

Τα τελευταία χρόνια γίνονται κάποιες έρευνες σχετικά με τη δυνατότητα των ανθρώπων να ερμηνεύουν διαφορετικές ακουστικές παραμέτρους των ήχων των ζώων, που σχετίζονται με διαφορετικές συναισθηματικές καταστάσεις, μέσω της τεχνολογίας. Μία από αυτές τις έρευνες έγινε από τους Ntalampiras et al. (2023) και ονομάζεται «VOCAPRA». Αναφέρεται ως η «Πολυεπιστημονική προσέγγιση για την ανάπτυξη ενός συστήματος συνεχούς παρακολούθησης σε γαλακτοπαραγωγικές αιγοτροφικές εκμεταλλεύσεις μέσω ανάλυσης του ήχου». Στη συγκεκριμένη μελέτη, συμμετείχαν τέσσερις αιγοτροφικές εκμεταλλεύσεις, με διαφορετικά χαρακτηριστικά η κάθε μία, που βρίσκονταν σε διαφορετικές περιοχές της νότιας Ιταλίας. Στις εν λόγω εκμεταλλεύσεις, εγκαταστάθηκε ένα σύστημα αισθητήρων που κατέγραφε το περιβάλλον μέσα στις φάρμες. Το σύστημα αποτελούνταν από ένα ενσύρματο – ασύρματο δίκτυο αισθητήρων που λειτουργούσε όλο το 24ωρο και κατέγραφε τα δεδομένα για ένα ολόκληρο έτος. Το προσωπικό απόρρητο των εργαζομένων διαφυλασσόταν, αποκλείοντας κάθε ηχητικό συμβάν που προερχόταν από εξωτερικούς παράγοντες, πέραν των ζώων. Το πρόγραμμα σχεδιάστηκε με τέτοιο τρόπο, μέσω αλγορίθμων, ώστε να ταξινομεί αυτόματα τους υπάρχοντες ήχους και να ενημερώνει το έξυπνο κινητό των εργαζομένων, σε περίπτωση που χρειαζόταν να επέμβει (εικ. 25).

Η μελέτη χωρίστηκε σε τέσσερις φάσεις ως εξής:

1. Συλλογή δεδομένων διάρκειας ενός έτους με αποκλειστική χρήση οπτικοακουστικών συσκευών (κάμερες και μικρόφωνα) στις εκμεταλλεύσεις που συμμετείχαν
2. Καταγραφή και επισήμανση μέσω επιστημονικού προσωπικού των πιο σημαντικών συμβάντων για την εγκυρότητα των ευρημάτων
3. Δοκιμή των ευρημάτων στο πρόγραμμα συλλογής δεδομένων
4. Υλοποίηση και δοκιμή σε πραγματικές συνθήκες του πρωτοτύπου του προτεινόμενου προγράμματος

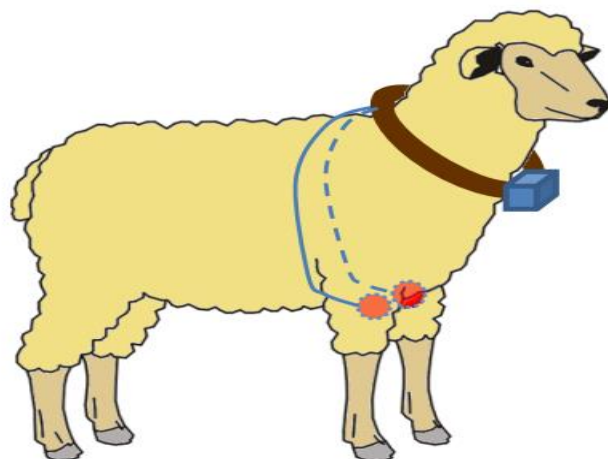


Εικόνα 25: Λειτουργία συστήματος «VOCAPRA» [πηγή ξένη βιβλιογραφία:2]

Εκτός από τα μικρόφωνα που κατέγραφαν αποκλειστικά τους ήχους των ζώων, όσο αυτό ήταν εφικτό, τοποθετήθηκαν και κάμερες. Οι κάμερες κατέγραφαν τις κινήσεις των ζώων και μέσω μιας τεχνολογίας δικτύωσης (wi-fi) αποστέλλονταν μέσω ενός ψηφιακού δέκτη και αποθηκεύονταν σε ένα σκληρό δίσκο. Στην συνέχεια, οι επιστήμονες μελετούσαν προσεκτικά τα βίντεο σε συνδυασμό με τις ηχητικές εγγραφές, έτσι ώστε να ταξινομήσουν τους ήχους ανάλογα με τις κινήσεις των αιγών. Έτσι αποδείχθηκε πως οι χαμηλής συχνότητας, κοφτοί ήχοι υποδηλώνουν συνήθως θετικά συναισθήματα, ενώ σε περίπτωση σύγχυσης ή φόβου, οι συχνότητες αυξάνονταν και είχαν μεγαλύτερης διάρκειας ένταση. Σκοπός της συγκεκριμένης μελέτης ήταν ο σχεδιασμός και η παρουσίαση μιας εφαρμογής, που αναπτύχθηκε για την παρακολούθηση των αιγών και την παροχή ενός συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης των κτηνοτρόφων σχετικά με τη συναισθηματική κατάσταση των ζώων. Τα αποτελέσματα ήταν πέραν του δέοντος ικανοποιητικά και σε συνδυασμό με άλλες τεχνολογίες κτηνοτροφίας ακριβείας θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση της διαβίωσης των ζώων.

Σε μια άλλη ανάλογη μελέτη που έγινε στην Ισπανία από την Sendra et al. (2013) παρουσιάστηκε ένα WSN σύστημα, ικανό να εντοπίζει εάν κάποιο κοπάδι αιγοπροβάτων δεχόταν επίθεση από άγρια ζώα, συγκεκριμένα λύκους. Σε κατάσταση ηρεμίας, ο καρδιακός ρυθμός των αιγοπροβάτων είναι περίπου 70-80 παλμοί/ λεπτό ενώ η φυσιολογική θερμοκρασία του σώματός τους κυμαίνεται μεταξύ 38,5 - 39,5° C. Όταν τα ζώα βρίσκονται σε κατάσταση πανικού οι τιμές αυτές ενδέχεται να τριπλασιαστούν! Η καταγραφή της θερμοκρασίας και του καρδιακού παλμού των ζώων, γινόταν με τη βοήθεια μικροαισθητήρων και ολόκληρο το κύκλωμα ήταν τοποθετημένο σε ένα μικρό κουτί στο κολάρο των ζώων (εικ. 26). Για την ακριβή μέτρηση του καρδιακού παλμού χρησιμοποιήθηκαν δύο ηλεκτρόδια, τα οποία τοποθετήθηκαν στα μπροστινά πόδια του ζώου, χωρίς να περιορίζονται οι κινήσεις του, τα οποία προστατεύονταν από ένα μεταλλικό πλέγμα, για να μην αρχίσει το ζώο να τα μασάει. Ο κόμβος επεξεργασίας των δεδομένων τροφοδοτείται από μια επαναφορτιζόμενη μπαταρία, η οποία φόρτιζε μέσω ενός εύκαμπτου ηλιακού συλλέκτη.

Επειδή οι επιθέσεις των λύκων συμβαίνουν κυρίως νυχτερινές ώρες, οι αισθητήρες κατέγραφαν μόνο κατά τη διάρκεια της νύχτας, ενώ τις υπόλοιπες ώρες παρέμεναν εκτός λειτουργίας, με τη βοήθεια ενός κυκλώματος ON/ OFF. Το συγκεκριμένο έξυπνο σύστημα θα μπορούσε να εφαρμοστεί και σε άλλα είδη ζώων, ενώ είναι χρήσιμο και για την πρόληψη τυχόν ζωοκλοπών, μειώνοντας έτσι τις όποιες οικονομικές απώλειες των παραγωγών.



Εικόνα 26: Αισθητήρας μέτρησης καρδιακών παλμών προβάτου [πηγή ξένη βιβλιογραφία: 9]

Το πρώτο πρόγραμμα που κυκλοφόρησε στην ελληνική αγορά και σχετίζεται με την εύκολη εισαγωγή και διαχείριση των ατομικών καταγραφών και αποδόσεων των ζώων, ονομάζεται πρόγραμμα διαχείρισης εκτροφών «**Sheeping**». Σχεδιάστηκε από την εταιρεία Heliades – Farming Solutions (heliadesvet.com) σε συνεργασία με προγραμματιστές από το Ισραήλ και απευθύνεται τόσο σε κτηνοτρόφους γαλακτοπαραγωγών αιγοπροβάτων, όσο και σε κτηνιάτρους ή/ και ζωοτέχνες που ασχολούνται με τη διαχείριση των συγκεκριμένων εκτροφών. Με το Sheeping, έχοντας άμεση πρόσβαση στο ιστορικό του κάθε ζώου ακόμα και από ένα έξυπνο κινητό τηλέφωνο, ο κτηνοτρόφος έχει τη δυνατότητα να αξιολογήσει τις αποδόσεις του και να πάρει τις κατάλληλες αποφάσεις. Επιπλέον, η εισαγωγή των δεδομένων μπορεί να γίνει αυτόματα, με το σκανάρισμα των μέσων σήμανσης που φέρουν τα ζώα. Με αυτό τον τρόπο, η συλλογή των δεδομένων γίνεται πολύ γρήγορα ελαχιστοποιώντας την πιθανότητα λανθασμένων καταγραφών.

Ενδεικτικά το πρόγραμμα καλύπτει τις παρακάτω ανάγκες κάθε εκτροφής:

- Διαχείριση στοιχείων γαλακτομέτρησης
- Αυτόματος υπολογισμός συνολικής γαλακτοπαραγωγής
- Πλήρες ιστορικό αναπαραγωγής κάθε ζώου
- Προγραμματισμός συμβάντων μέσα στην εκτροφή
- Στατιστικά στοιχεία εκτροφής
- Λήψη ειδοποιήσεων – υπενθυμίσεων

Άλλη παρόμοια εφαρμογή, είναι το «**Happy Goats**» (<https://happygoats.eu/>) που δημιουργήθηκε σε συνεργασία με το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης . Το Happy Goats προσφέρει ένα πλήρες σετ δυνατοτήτων για κτηνοτρόφους, κτηνιάτρους και συνεταιρισμούς, για τη βελτιστοποίηση του κέρδους των αιγοπροβατοτροφικών εκμεταλλεύσεων. Η εφαρμογή αξιολογεί την παρούσα κατάσταση και παρέχει υποστήριξη αποφάσεων, προσομοιώνοντας μελλοντικά σενάρια διαχείρισης. Ακόμη υποστηρίζει τη λήψη αποφάσεων σε ένα προϋπολογιστικό μοντέλο με το οποίο μπορούν να προσομοιωθούν διαφορετικά μελλοντικά σενάρια διαχείρισης και τα αποτελέσματά τους.

Μερικές ακόμη εφαρμογές που κυκλοφορούν στο εξωτερικό είναι, της εταιρείας digitanimal (<https://digitanimal.co.uk/>), με έδρα την Ισπανία και παρέχει υπηρεσίες εντοπισμού των ζώων και προγράμματα παρακολούθησης του σωματικού τους βάρους. Το «**Sum - It**» Agricultural Software (<https://www.sum-itsoftware.co.uk/>) και το «**Farm Plan**» (<https://farmplan.co.uk/>) που εδρεύουν στο Ηνωμένο Βασίλειο και παρέχουν υπηρεσίες λογισμικού, διαχείρισης της εκμετάλλευσης με σκοπό τη βελτίωση της απόδοσης. Το **FlockFiler** (<https://www.flockfiler.com/>) της Cosmic Consulting και το «**Sheep Tracker**» (<https://www.sheeptracker.com/>), που εδρεύουν στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, παρέχουν υπηρεσίες διαχείρισης της εκμετάλλευσης, όπως αποθήκευση πληροφοριών, ιστορικό του κάθε ζώου από την ημέρα της γέννησής του, φαρμακευτικές αγωγές, γενεαλογικό ιστορικό και πολλές ακόμη λειτουργίες.

Είναι γεγονός πως η ψηφιακή επανάσταση θα συνεχίσει να έχει αντίκτυπο και στην κτηνοτροφία. Δεν είναι όμως ακόμη σαφές, εάν τα ζώα ουσιαστικά θα ωφεληθούν ή θα είναι τα θύματα αυτής της επανάστασης. Πολλές από τις τεχνολογίες PLF που εστιάζουν στην παρακολούθηση ή τη βελτίωση της ευημερίας των ζώων, ακόμη εξελίσσονται, ενώ ερευνώνται τα πιθανά οφέλη και οι επιπτώσεις τους. Στις μελέτες που προαναφέρθηκαν, ορισμένες από τις τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν, ανταποκρίνονται στις προσδοκίες. Ωστόσο, μόνο ένα μικρό ποσοστό αυτών των τεχνολογιών έχει κυκλοφορήσει στην αγορά και ένα ακόμη μικρότερο ποσοστό υιοθετείται από τους κτηνοτρόφους. Γίνεται επίσης αντιληπτό, ότι ορισμένες τεχνολογίες PLF, εστιάζουν περισσότερο στους τομείς της αποδοτικότητας, της παραγωγής και της ποιότητας ζωής των παραγωγών και λιγότερο στην καλή μεταχείριση του ζωικού κεφαλαίου και παραμένει ασαφές εάν θα υιοθετηθούν ποτέ ευρέως ή εάν θα έχουν τα αναμενόμενα αποτελέσματα (Buller et al., 2020). Αντί λοιπόν να γίνονται υποθέσεις, σχετικά με το εάν η PLF από μόνη της θα ωφελήσει τα ζώα, σύμφωνα με τις συχνά έντιμες προθέσεις των ερευνητών και των προγραμματιστών, οι επιστήμονες θα πρέπει να συνεχίσουν να αξιολογούν τις επιπτώσεις, μέσω ανεξάρτητης διεπιστημονικής παρακολούθησης σε όλα τα επίπεδα που αφορούν μεμονωμένα ζώα, εκμεταλλεύσεις και κοινωνικό σύνολο. Το ερώτημα, εάν τελικά είναι ωφέλιμες ή μη, παραμένει στην κρίση του καθενός και θα φανεί στο μέλλον.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Δ'

6. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η αυξανόμενη ζήτηση ζωικών υποπροϊόντων, λόγω της ραγδαίας αύξησης του πληθυσμού παγκοσμίως, της αύξησης των εισοδημάτων και της αστικοποίησης, ιδίως στις αναπτυσσόμενες χώρες, ανάγκασε τους ανθρώπους να βρουν νέες λύσεις ως προς την ανάπτυξη της κτηνοτροφίας. Η κτηνοτροφία ακριβείας (PLF) μπορεί να αντιμετωπίσει αυτή την πρόκληση, εφαρμόζοντας τεχνολογίες για αυτοματοποιημένη και σε πραγματικό χρόνο λήψη αποφάσεων, τόσο σε ατομικό, όσο και σε ομαδικό επίπεδο. Τα δεδομένα που συλλέγονται από αισθητήρες, όπως κάμερες, μικρόφωνα, επιταχυνσιόμετρα, φασματόμετρα κ.ά., για τα ζώα και το περιβάλλον σε συνδυασμό με προηγμένες τεχνικές ανάλυσης, παρέχουν αποτελεσματικά εργαλεία για την παρακολούθηση, τη βελτίωση της ευημερίας και τη βελτιστοποίηση χρήσης πόρων, όπως οι ζωοτροφές, το νερό, η χρήση γης και η ανθρώπινη εργασία (Berkmans, 2014; Herlin et al., 2021).

Οι τεχνολογίες PLF έχουν τη δυνατότητα να προειδοποιούν, σε πραγματικό χρόνο τους φροντιστές των ζώων, για να τους παρέχουν εξατομικευμένη φροντίδα. Επιπλέον, είναι πολύ χρήσιμες για τη βελτίωση της αποδοτικότητας των κτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων. Επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθούν, για την ανίχνευση οιστρογόνων στα παραγωγικά ζώα, για τη βέλτιστη αναπαραγωγική διαχείριση των κοπαδιών, για την ακριβή σίτιση μέσω παρακολούθησης της ημερήσιας πρόσληψης τροφής και για την αύξηση ή μείωση του σωματικού βάρους, μέσω των αυτόματων ηλεκτρονικών ζυγών. Με τη συνεχή παρακολούθηση των ζώων καταγράφονται ακόμα κοινωνικές συμπεριφορές (επιθετικές), αντοχές σε ασθένειες, ικανότητα αναπαραγωγής, με σκοπό τη γενετική βελτίωση και την ανάπτυξη αποτελεσματικότερων εγκαταστάσεων και εξοπλισμών, για τη βέλτιστη διαβίωση και την αύξηση των αποδόσεων, αναλόγως της παραγωγικής κατεύθυνσης της εκμετάλλευσης (γαλακτοπαραγωγική, κρεοπαραγωγική, εριοπαραγωγική).

Η χρήση μη επανδρωμένων οχημάτων, τα οποία διαθέτουν πλήρη ή μερική αυτονομία και έχουν την ικανότητα να διανύουν εκτάσεις, είτε πετώντας πάνω από τα αγροκτήματα (UAV's), είτε διανύοντας αποστάσεις στο έδαφος (UGV's), βελτιώνοντας κατά πολύ το χρόνο τέλεσης αρκετών εργασιών, ενώ συντελούν στη μείωση του κόστους των εργατικών. Διαθέτουν ενσωματωμένους αισθητήρες και μπορούν να πλησιάσουν σε πολύ κοντινή απόσταση το προς εξέταση αντικείμενο (ζώο ή φυτό), ενώ παράλληλα διαθέτουν ενσωματωμένο σύστημα πλοήγησης (GPS), ώστε να γνωρίζουν προς τα που πρέπει να κινηθούν, καθώς και κάμερες, με σκοπό να αποφευχθεί η σύγκρουση μεταξύ τους (για αυτά που κινούνται στις ίδιες εκτάσεις), ενώ έχουν τη δυνατότητα να λειτουργούν και σε σμήνος, καλύπτοντας έτσι μεγαλύτερη έκταση, την ίδια χρονική στιγμή και συλλέγοντας περισσότερα δεδομένα (Sarwar et al., 2021; Cajal et al., 2020).

Όσο περισσότερα είναι τα δεδομένα που συλλέγονται από μια έκταση, τόσο αποτελεσματικότερες αποφάσεις μπορούν να ληφθούν, με σκοπό την καλύτερη και αποδοτικότερη διαχείριση ενός αγροκτήματος. Τα μη επανδρωμένα οχήματα, καθώς και τα ρομποτικά συστήματα άμελξης ή οι αυτόματοι διανομείς τροφής, αποδεικνύουν ότι οι νέες τεχνολογίες μπορούν να μειώσουν σε σημαντικό βαθμό την χειρωνακτική εργασία, αντικαθιστώντας έτσι τον ανθρώπινο παράγοντα και εξοικονομώντας χρόνο και χρήματα.

Η κτηνοτροφία έχει ήδη αρχίσει να επωφελείται από τις τεχνολογίες που παρέχουν πρόσβαση σε μεγάλο όγκο πληροφοριών, σχετικά με τη συμπεριφορά και τις δραστηριότητες των ζώων, χωρίς να ενοχλούνται από την ανθρώπινη παρουσία, για μεγάλες χρονικές περιόδους καθώς και σε απομακρυσμένες, δυσπρόσιτες τοποθεσίες. Οι αισθητήρες που φέρουν τα ζώα, συλλέγουν χρήσιμες πληροφορίες για τη συνολική διαχείριση του κοπαδιού που μπορεί να αφορούν από την βελτίωση των γονοτύπων και τον προγραμματισμό θεραπειών έως τη συμπλήρωση της διατροφής ανάλογα με τη διαθεσιμότητα των βοσκότοπων. Η αυτοματοποιημένη παρακολούθηση των ζώων στους βοσκότοπους με τη βοήθεια αισθητήρων, προσφέρει αρκετές δυνατότητες για τη βελτίωση της διαβίωσης των ζώων, έχει την ικανότητα να καταγράφει τη φυσιολογία και τη συμπεριφορά τους, καθώς και περιβαλλοντικούς παράγοντες, σε πραγματικό χρόνο. (Aquilani et al., 2021). Στο πλαίσιο της κλιματικής αλλαγής η ανάπτυξη εργαλείων για την παρακολούθηση περιβαλλοντικών και βιοτικών παραμέτρων αποκτά ανεκτίμητη αξία για την υποστήριξη των παραγωγών στην ταχεία λήψη αποφάσεων, ενώ με την τηλεπισκόπηση των διαθέσιμων βοσκότοπων και τον αποκλεισμό περιβαλλοντικά «ευαίσθητων» περιοχών γίνεται σωστή διαχείριση της βοσκήσιμης ύλης (Μπεόπουλος - Παπαδόπουλος, 2008).

Τέλος, οι οικονομικές και λειτουργικές απαιτήσεις των συστημάτων κτηνοτροφίας ακριβείας, έτσι ώστε να είναι εύχρηστες, συμφέρουσες και βοηθητικές, πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να προσαρμόζονται στις τρέχουσες πρακτικές διαχείρισης, να μην απαιτούν επιπλέον εργατικό δυναμικό, να είναι πιο οικονομικές και πιο συμφέρουσες από την τρέχουσα διαχείριση και ο σχεδιασμός τους να είναι φιλικός προς τον χρήστη. Η σημασία που έχουν όλες οι τεχνολογίες που αναφέρθηκαν, για τον αγρο-κτηνοτροφικό τομέα, γίνεται περισσότερο αντιληπτή και από την προσπάθεια πολλών χωρών ανά τον κόσμο, να ενσωματώσουν, να αξιοποιήσουν και να προσαρμόσουν τις δυνατότητες που προσφέρουν, στις δικές τους εκτάσεις, στο δικό τους γεωμορφολογικό ανάγλυφο με το αντίστοιχο ζωικό τους κεφάλαιο (Αναστασοπούλου, 2022).

7. ΖΗΤΗΜΑΤΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

Εκτός από τα πλεονεκτήματα χρήσης της PLF, υφίστανται και ορισμένοι κίνδυνοι ή προβληματισμοί που μπορεί να οφείλονται στη χρήση των συγκεκριμένων τεχνολογιών. Η μεγαλύτερη ανησυχία των ερευνητών που μπορεί να προκύψει είναι της ασφάλειας και της ιδιωτικότητας των προσωπικών δεδομένων. Το λεγόμενο φαινόμενο του «Αγρο-εκφοβισμού» (Agroterrorism), όπως αυτό αναφέρεται σε πολλές έρευνες και σχετίζεται με την ασφάλεια των πληροφοριών, ενώ αποτελεί εύκολο στόχο για παράγοντες, με κακόβουλα κίνητρα. Η χρήση νέων τεχνολογιών, που ενσωματώνονται σε ένα έξυπνο αγροτικό σύστημα, μπορεί να οδηγήσουν στην περαιτέρω εξέλιξη του φαινομένου, δημιουργώντας τον «Κυβερνο-αγροεκφοβισμό» (Cyberagrorterrorism). Τα κίνητρα των επιτιθέμενων μπορεί να είναι διάφορα, όπως, ιδεολογικοί, εμπορικοί ή ακόμα και τρομοκρατικοί λόγοι. Η έννοια αυτή συγκαταλέγεται στα εγκλήματα του Κυβερνοχώρου. Πιο συγκεκριμένα, στην περίπτωση του Κυβερνο-αγροεκφοβισμού, κάποιος κακόβουλος χρήστης επεμβαίνει στα ήδη υπάρχοντα υπολογιστικά συστήματα, ενός αγροτικού περιβάλλοντος, έχοντας ως απώτερο σκοπό, την πρόκληση οικονομικών απωλειών ή ακόμη και την ολική καταστροφή των καλλιεργειών ή αντίστοιχα του ζωικού κεφαλαίου (Schillings et al., 2021).

Οι κακόβουλες επιθέσεις, επιτυγχάνονται με τη χρήση τεχνικών hacking, κατά τις οποίες οι επιτιθέμενοι (hackers), εντοπίζουν και εκμεταλλεύονται τυχόν ευπάθειες που μπορεί να υπάρχουν, σχετικά με την ακεραιότητα ενός συστήματος του Διαδικτύου των Πραγμάτων. Στόχος των κυβερνο-αγρο-τρομοκρατών, μπορεί να είναι τα ίδια τα αγροκτήματα ή/ και το διαδίκτυο, εκτελώντας τις επιθέσεις τους μέσα από τον Κυβερνοχώρο. Οι επιθέσεις αυτές, παρέχουν τη δυνατότητα της απομακρυσμένης λειτουργίας και χειραγώγησης των αισθητήρων και των ρομποτικών οχημάτων και διακινδυνεύουν σε μεγάλο βαθμό την ακεραιότητα, την εμπιστευτικότητα και την διαθεσιμότητα των δεδομένων, που έχουν συλλεχθεί από τις συγκεκριμένες συσκευές. Πιο συγκεκριμένα, UAV και UGV οχήματα, είναι ικανά μέσω της χειραγώγησης από τον επιτιθέμενο, να καταστρέψουν μια ολόκληρη έκταση από καλλιέργειες, να ψεκάσουν με παρασιτοκτόνα, να προκαλέσουν πλημμύρες στα χωράφια, να δώσουν μολυσμένη τροφή στα ζώα και πολλά άλλα, οδηγώντας σε παραποίηση ή ακόμα και ακαταλληλότητα των προϊόντων, με αποτέλεσμα ακόμη και οικονομική καταστροφή. Ζητήματα ασφάλειας δεδομένων, εντοπίζονται κυρίως στην αρχιτεκτονική ενός IoT δικτύου. Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, τρία είναι τα βασικά επίπεδα στην αρχιτεκτονική ενός IoT δικτύου το Επίπεδο Ανίχνευσης και Ταυτοποίησης (Perception Layer), το Επίπεδο Δικτύου (Network Layer) και το Επίπεδο Εφαρμογής (Application Layer) (Mohanta et al., 2020).

Σύμφωνα με πολλές μελέτες που έχουν γίνει, τα συγκεκριμένα επίπεδα είναι και τα πιο ευπαθή, στα οποία μπορεί να διακινδυνεύετε η ασφάλεια των δεδομένων των χρηστών και να προκληθεί διαρροή πληροφοριών. Πιο συγκεκριμένα, στο Επίπεδο Αντίληψης (Perception Layer), συμπεριλαμβάνονται όλες οι συσκευές που είναι υπεύθυνες για τη συλλογή των δεδομένων από το περιβάλλον (αισθητήρες, κάμερες, ενεργοποιητές κ.ά.). Πιθανές δυσλειτουργίες των συσκευών αυτών, μπορεί να οφείλονται σε ανθρώπινες πράξεις, που μπορεί να προκλήθηκαν τυχαία ή με δόλο ή ακόμη και λόγω εξωτερικών παραγόντων, όπως τυχόν κυβερνο-επιθέσεις με χρήση ιών ή κακόβουλου λογισμικού. Το πιο συνηθισμένο πρόβλημα, το οποίο εντοπίζεται στο επίπεδο αυτό, σχετίζεται με την ασφάλεια της συσκευής, ως προς τις πληροφορίες που αποθηκεύει και επεξεργάζεται. Η χρήση τέτοιων συσκευών, κυρίως στον αγροτικό τομέα καθιστά ακόμα πιο σημαντική την ύπαρξη ασφάλειας, διότι χρησιμοποιούνται σε ανοιχτό περιβάλλον και πολλές φορές είναι πιο εκτεθειμένες. Άλλο ένα πρόβλημα ασφαλείας στο Perception Layer, σχετίζεται με τη διαρροή των πληροφοριών. Τις περισσότερες φορές οι πληροφορίες που αντλούνται από συσκευές όπως οι αισθητήρες, περιλαμβάνουν δεδομένα τοποθεσίας και άλλα ευαίσθητα προσωπικά δεδομένα. Ορισμένα παραδείγματα κακόβουλου λογισμικού είναι τα εξής (Mohanta et al., 2020):

α) Το Mirai Malware, θεωρείται το πρώτο IoT κακόβουλο λογισμικό, το οποίο είχε τη δυνατότητα να μολύνει συνδεδεμένες συσκευές όπως κάμερες και οικιακούς δρομολογητές (routers).

β) Η αεροπειρατεία σε αυτόνομα συστήματα (Autonomous system hijacking): Στην περίπτωση αυτή, ένας κακόβουλος παράγοντας μπορεί να χρησιμοποιήσει τα αυτόνομα συστήματα, που εκτελούν εργασίες σε ένα αγρόκτημα, όπως για παράδειγμα τα UAV και UGV οχήματα ή τους γεωργικούς ελκυστήρες (τρακτέρ) αποκτώντας τον χειρισμό και τον έλεγχό τους, χωρίς την άδεια του ιδιοκτήτη. Με τον τρόπο αυτό και έχοντας πλήρη κυριότητα στις συσκευές θα μπορούσε να τις καθοδηγεί, προχωρώντας σε διεργασίες επιβλαβείς για τις καλλιέργειες ή τα ζώα, προκαλώντας ακόμα και πλήρη καταστροφή των καλλιεργειών ή θέτοντας το σύστημα ως μη λειτουργικό.

γ) Η διακοπή ενός αυτόνομου συστήματος (Autonomous system disruption): Σε αυτή τη περίπτωση, ο κακόβουλος παράγοντας εκμεταλλεύεται πάλι με πρόθεση, την αυτονομία των ρομποτικών συστημάτων και οχημάτων. Συγκεκριμένα, αποσκοπεί στην τροποποίηση ή ακόμα και στην αλλοίωση κάποιων χαρακτηριστικών που διαθέτουν οι παραπάνω συσκευές, όπως για παράδειγμα τις κάμερες, το GPS, τα συστήματα απομακρυσμένου ελέγχου κ.ά. Με αυτόν τον τρόπο, μπορεί να προκληθεί εσφαλμένη λειτουργία των συσκευών, αποπροσανατολισμός τους ή ακόμη και πρόκληση ατυχημάτων.

δ) Ο Εντοπισμός Κόμβου (Node Capture): Εντοπίζοντας τον κόμβο (node) ή την ίδια την συσκευή, ο επιτιθέμενος μπορεί να προχωρήσει σε τροποποίηση του λογισμικού ή ολική αντικατάσταση της συσκευής. Έτσι μπορεί να αποκτήσει πρόσβαση στο σύστημα και να προχωρήσει στην εισαγωγή ψευδών δεδομένων. Παράλληλα, ο εντοπισμός ενός κόμβου του συστήματος μπορεί να εξυπηρετήσει τον επιτιθέμενο έτσι ώστε να είναι σε θέση να λαμβάνει αποφάσεις όσων αφορά στα οικονομικά οφέλη της εκμετάλλευσης.

ε) Ο Ψεύτικος Κόμβος (Fake Node): Στην περίπτωση αυτή, ο επιτιθέμενος εισβάλλοντας σε ένα σύστημα μπορεί να προσθέσει νέους ψεύτικους ή κακόβουλους κόμβους σε αυτό, με σκοπό να διακόψει τη λειτουργία του. Στόχος της επίθεσης αυτής είναι να αποκτήσει τον πλήρη έλεγχο των δεδομένων που κυκλοφορούν στο σύστημα ή ακόμα και να απενεργοποιήσει όλες τις συσκευές του συστήματος.

στ) Η Απώλεια Ύπνου (Sleep Deprivation): Στόχος της συγκεκριμένης επίθεσης είναι η πλήρης εξάντληση της μπαταρίας μιας συσκευής. Η μικρής διάρκειας μπαταρίες αποτελούν βασικό μειονέκτημα των συσκευών που χρησιμοποιούνται σε ένα έξυπνο αγρόκτημα. Για να διατηρηθεί μια μπαταρία για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα και για να εξοικονομηθεί ενέργεια, είναι απαραίτητο οι κόμβοι να τίθενται σε αδράνεια «sleep mode», όταν οι συσκευές δεν χρησιμοποιούνται. Στην επίθεση αυτή, ο κακόβουλος τρίτος στέλνει ασταμάτητα αιτήματα στους κόμβους, ώστε οι συσκευές να βρίσκονται σε μία συνεχή λειτουργία, μέχρι η μπαταρία τους να εξασθενήσει και οι κόμβοι να απενεργοποιηθούν. Όταν συμβαίνει αυτό τα δεδομένα που έχουν αποκτηθεί από διάφορους αισθητήρες και συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν δεν μπορούν να αποθηκευτούν και να αποσταλούν στον διαχειριστή του αγροκτήματος. Έτσι, τίθεται σε κίνδυνο όλη η διαδικασία λήψης αποφάσεων και η αποτελεσματικότητα του συστήματος.

Τα ζητήματα ασφαλείας που αφορούν στο Επίπεδο Δικτύου (Network Layer), το οποίο είναι αρμόδιο για τη μεταφορά των δεδομένων που έχουν συγκεντρωθεί από το Επίπεδο Αντίληψης (Perception Layer), στο Cloud, σχετίζονται με την ύπαρξη πολλών επιθέσεων στον τεράστιο όγκο δεδομένων και την ακεραιότητα και ασφάλεια των πληροφοριών που θα πρέπει να μεταφερθούν. Μερικές απειλές τέτοιου είδους, στο επίπεδο αυτό, είναι (Mohanta et al., 2020):

α) Άρνηση των υπηρεσιών (Denial of Service (DoS) attack/ Distributed Denial of Service (DDoS) attack): Η συγκεκριμένη επίθεση είναι και η πιο συνηθισμένη στις IoT εφαρμογές. Οι συσκευές που χρησιμοποιούνται, είναι πιο ευάλωτες, διότι είναι συσκευές χαμηλού επιπέδου (low-end devices). Η άρνηση των υπηρεσιών, στοχεύει στο να εμποδίσει την πρόσβαση στις υπηρεσίες ή στις συσκευές, είτε υπερφορτώνοντας το δίκτυο με πολλαπλά αιτήματα (Flooding Attacks), είτε αξιοποιώντας τις ευπάθειες του πρωτοκόλλου, οι οποίες οδηγούν στην καταστροφή των πόρων.

Οι επιθέσεις που σχετίζονται με πολλαπλά αιτήματα, έχουν την ικανότητα να προκαλούν καθυστερήσεις στο δίκτυο, δυσλειτουργία των συσκευών και να καταστούν τις υπηρεσίες μη διαθέσιμες. Όσον αφορά το δεύτερο είδος επίθεσης (Distributed Denial of Service attack/ DDoS), έχει τα ίδια αποτελέσματα με το DoS, δηλαδή την διακοπή των υπηρεσιών. Στην DDoS επίθεση, ο εξυπηρετητής ενός συστήματος είναι μη προσβάσιμος και έτσι οι έξυπνοι κόμβοι στο δίκτυο του συστήματος δεν λαμβάνουν τις υπηρεσίες που χρειάζονται. Στα έξυπνα αγροτικά συστήματα, οι συγκεκριμένες επιθέσεις μπορεί να εμποδίσουν τις μετρήσεις που έχουν ληφθεί από τις συσκευές και τους αισθητήρες, να φτάσουν στο Cloud ή να προκαλέσουν καθυστέρηση των εντολών προς τους ενεργοποιητές, κ.ά.

β) Επιθέσεις κατά τη μεταφορά δεδομένων (Data Transit Attacks): Αυτού του είδους οι επιθέσεις έχουν ως στόχο την υποκλοπή προσωπικών πληροφοριών και δεδομένων. Ο επιτιθέμενος διακόπτει την ροή των δεδομένων στο δίκτυο, με σκοπό να βρει ευαίσθητες πληροφορίες. Αυτή η διακοπή της ροής των δεδομένων, προκαλεί έκθεση προσωπικών πληροφοριών, όπως των μοναδικών αναγνωριστικών, των πιστοποιητικών πρόσβασης ή των κλειδιών κρυπτογράφησης. Η παραπάνω επίθεση μπορεί να συνδυαστεί για τους ίδιους σκοπούς και με την επίθεση Man-in-the-middle (μεσάζων), κατά την οποία κάποιος τρίτος εισχωρεί στην επικοινωνία που εκτυλίσσεται ανάμεσα σε δύο μέρη, αποσκοπώντας στο να συλλέξει ευαίσθητες πληροφορίες, που μπορεί να συμπεριλαμβάνονται στα μηνύματα ή ακόμα και να αντικαταστήσει τμήματα των μηνυμάτων. Από τον επιτιθέμενο που δρα ως μεσάζων στην επικοινωνία δύο μερών, περνούν όλα τα μηνύματα που διακινούνται από τον αποστολέα προς τον παραλήπτη. Έτσι, ένας τρίτος (μεσάζων) μπορεί να αποκτήσει τον πλήρη έλεγχο της επικοινωνίας, χωρίς να γίνει αντιληπτός.

γ) Επιθέσεις στο δρομολογητή (Routing attacks): Αυτού του είδους οι επιθέσεις, στοχεύουν στο να αλλάξουν την πορεία του δικτύου, ώστε ο επιτιθέμενος να αποκτήσει πρόσβαση στον έλεγχό του. Στα IoT δίκτυα μπορεί να εντοπιστούν ψευδείς ή κακόβουλοι κόμβοι, οι οποίοι προσπαθούν ν' ανακατευθύνουν την πορεία της δρομολόγησης, κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας και της μεταφοράς των δεδομένων. Για παράδειγμα, επιθέσεις κατά τις οποίες, ο κακόβουλος τρίτος επιλέγει μια πιο σύντομη πορεία δρομολόγησης και σχηματίζει κόμβους για να καθοδηγήσει την κίνηση των δεδομένων μέσα από αυτήν (Sinkhole attacks) και κατά τις οποίες, ο επιτιθέμενος δημιουργεί ένα τούνελ ανάμεσα σε δύο κόμβους (Wormhole attacks), αποσκοπών στον έλεγχο της κίνησης των πληροφοριών, μέσα από τη δημιουργία μιας παράκαμψης. Αποτελέσματα αυτών των επιθέσεων, είναι ο παραλήπτης να μπορεί να λαμβάνει όλες τις πληροφορίες ή ένα μέρος αυτών καθυστερημένα ή/ και καθόλου, ή ακόμα και να λαμβάνει τροποποιημένες πληροφορίες.

Στο Επίπεδο Εφαρμογής (Application Layer) τελούνται όλες οι διαδικασίες για την παροχή υπηρεσιών του συστήματος στους τελικούς χρήστες, την αποθήκευση δεδομένων και τη λήψη αποφάσεων του συστήματος. Μερικά ζητήματα ασφαλείας που μπορεί να επηρεάζουν τις εφαρμογές και τις υπηρεσίες, που χρησιμοποιούν το Cloud είναι τα ακόλουθα:

α) Ψάρεμα (Phishing): Είναι μια επίθεση, η οποία αποσκοπεί στο να αποκτήσει ο κακόβουλος τρίτος, πρόσβαση σε προσωπικά δεδομένα των χρηστών, όπως για παράδειγμα κωδικούς πρόσβασης ή στοιχεία της ταυτότητάς τους. Πιο συγκεκριμένα, πρόκειται για ένα ψηφιακό «παράσιτο», το οποίο εγκαθίσταται στο σύστημα, προσφέροντας στον επιτιθέμενο πρόσβαση, ως διαχειριστής. Με τον τρόπο αυτό, ο κακόβουλος τρίτος μπορεί να αποστείλει παραπλανητικές εντολές στο σύστημα ή ακόμα και να αλλάξει τις ρυθμίσεις του, καθώς και να επέμβει στη διαδικασία λήψης των αποφάσεων. Το παράσιτο αυτό εισέρχεται σε ένα σύστημα, συνήθως μέσα από παραπλανητικά ή κακόβουλα e-mails ή ιστοσελίδες.

β) Κακόβουλα Σενάρια (Malicious Scripts): Η παροχή λύσεων σε ζητήματα του αγρο-κτηνοτροφικού τομέα, με τη χρήση του Διαδικτύου, δίνει στους χρήστες τη δυνατότητα να αλληλεπιδρούν με άλλους χρήστες και υπηρεσίες. Η αλληλεπίδραση αυτή, στοχοποιεί τα συστήματα και τα καθιστά ευάλωτα στις συγκεκριμένες επιθέσεις, ως εκ τούτου μπορεί να οδηγήσουν σε παραπλάνηση των πελατών που χρησιμοποιούν τις υπηρεσίες, καθώς και σε πρόσβαση στα προσωπικά τους δεδομένα. Οι στόχοι πίσω από την επίθεση αυτή, μπορεί να είναι οικονομικοί, προσωπικοί ή ακόμα και πολιτικοί. Αποτελέσματα αυτής της επίθεσης, είναι η διακοπή της εκτέλεσης των υπηρεσιών, η παρουσίαση ανεπιθύμητων διαφημίσεων, ακόμα και η υποκλοπή χρηματικών ποσών.

Συμπερασματικά, για να εξασφαλιστεί η ασφάλεια των πληροφοριών και των δεδομένων, σε οποιοδήποτε σύστημα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στις ακόλουθες απαιτήσεις ασφαλείας (Μαυρίδης, 2015):

- 1) Εμπιστευτικότητα (Confidentiality):** Οι πληροφορίες που αντλούνται από ένα αγροτικό περιβάλλον ή ακόμα και τα προσωπικά δεδομένα των χρηστών, πρέπει να είναι προσβάσιμες μόνο σε εξουσιοδοτημένους χρήστες.
- 2) Ακεραιότητα (Integrity):** Τα δεδομένα που λαμβάνονται και αποθηκεύονται και το περιεχόμενο των πληροφοριών που αντλούνται, δεν πρέπει να μεταβάλλεται.
- 3) Επιβεβαίωση της γνησιότητας (Authentication):** Οι συσκευές που συμμετέχουν σε ένα IoT δίκτυο, πρέπει να έχουν μια συγκεκριμένη ταυτότητα, με την οποία επικοινωνούν.
- 4) Αυθεντικότητα των δεδομένων (Data Freshness):** Αφορά στην ανανέωση των κλειδιών/κωδικών ή και των ίδιων των δεδομένων.

- 5) **Έλλειψη άρνησης (Non repudiation):** Ένας κόμβος δεν μπορεί ποτέ να αρνηθεί να αποστείλει ένα μήνυμα, το οποίο έλαβε νωρίτερα.
- 6) **Εξουσιοδότηση (Authorization):** Απαιτείται για την είσοδο των συσκευών στο δίκτυο ή σε κάθε άλλη πηγή.
- 7) **Αυτο-αποκατάσταση (Self Healing):** Στην περίπτωση αυτή, αν μία συσκευή σε ένα αγροτικό σύστημα IoT, αποτύχει να εισέλθει στο δίκτυο ή τελειώσει η μπαταρία της, τότε οι άλλες συσκευές του δικτύου θα πρέπει να έχουν την ικανότητα, να της παρέχουν ασφάλεια στο σύστημα.

Εκτός από τους κινδύνους περί ασφάλειας και ιδιωτικότητας, η χρήση ψηφιακής τεχνολογίας, ενέχει και προφανής κινδύνους και προβληματισμούς όσων αφορά στην καλή διαβίωση των ζώων. Γενικά υπάρχουν κίνδυνοι για όλους τους τύπους αισθητήρων και τεχνολογιών υπολογιστών, που σχετίζονται με τεχνικές λειτουργίες, συνδεσιμότητα και ενέργεια, καθώς και στην απόδοση των συστημάτων που καταγράφουν αυτές τις λειτουργίες. Τα βασικότερα μειονεκτήματα χρήσης τεχνολογιών PLF είναι η διάρκεια ζωής των μπαταριών που χρειάζονται κάποιες συσκευές για να λειτουργήσουν, το εύρος μετάδοσης των αισθητήρων, η κάλυψη υπηρεσιών, η χωρητικότητα αποθήκευσης και φυσικά το κόστος (Frank et al., 2022). Τα ζώα κυρίως των εκτατικών εκμεταλλεύσεων, έχουν συνήθως χαμηλότερες αποδόσεις, επομένως η συγκεκριμένη επένδυση δεν είναι πάντα προσιτή. Ορισμένες ανησυχίες υπάρχουν και ως προς τη μείωση των θέσεων εργασίας ή τη λανθασμένη λειτουργία των συστημάτων που έχουν ως αποτέλεσμα ψευδείς ειδοποιήσεις. Εάν κάποιο από τα συστήματα αποτύχει, ενώ έχει δοθεί υπερβολική εμπιστοσύνη, στις λειτουργίες και στις πληροφορίες που παρείχε, η ευημερία των ζώων μπορεί να τεθεί σε κίνδυνο.

Κίνδυνοι που σχετίζονται με την υγεία των ζώων, μπορεί να προκύψουν τόσο σε εξωτερικούς, όσο και σε εσωτερικούς χώρους, όπου μπορεί να δημιουργηθούν μώλωπες και έλκη από τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται στα ζώα π.χ. από τα περιλαίμια, ενώ ο κίνδυνος αυξάνεται όταν χρησιμοποιούνται αισθητήρες σε αναπτυσσόμενα ζώα, όπου το μέγεθος του περιλαίμιου πρέπει να ρυθμίζεται σταδιακά. Όταν χρησιμοποιούνται περιλαίμια, ιδιαίτερα στα πρόβατα, το μαλλί μπορεί να επηρεάσει την εφαρμογή τους, κάτι που είναι ιδιαίτερα σημαντικό να ληφθεί υπόψη για τα συστήματα εικονικής περιφραξής, όπου τα ηλεκτρόδια πρέπει να έρχονται σε άμεση επαφή με το δέρμα. Ακόμα, ορισμένα ζώα μπορεί να μην προσαρμοστούν ή να αποδεχτούν τα εικονικά συστήματα περιφραξής, κάτι που πιθανότατα να τους προκαλέσει επιπλέον άγχος. Τέλος τα περιλαίμια ή τα επιταχυνσιόμετρα, μπορεί να μπλεχτούν στη βλάστηση και να προκαλέσουν τραυματισμούς, άγχος ή ακόμη και θάνατο (Frank et al., 2022).

Τα ζώα, μπορεί επίσης να αντιδράσουν αρνητικά στην εφαρμογή συσκευών στο σώμα τους, ενώ δεν υπάρχουν πληροφορίες στη βιβλιογραφία, σχετικά με τις επιπτώσεις στην καλή διαβίωση των ζώων, από τη χρήση των ενδοστομαχικών βόλων. Πολύ σημαντική είναι και η έλλειψη τακτικών θετικών ανθρώπινων επαφών με τα ζώα, που ίσως προκύψει με τη χρήση τέτοιων μεθόδων και που μπορεί μετέπειτα, να τους δημιουργήσει περισσότερο άγχος, κατά τον χειρισμό (Schillings et al., 2021). Επομένως, αυτά τα συστήματα δεν μπορούν ποτέ να αντικαταστήσουν πλήρως τις ανθρώπινες επιθεωρήσεις. Εάν οι κτηνοτρόφοι βασίζονται υπερβολικά σε ένα ψηφιακό σύστημα παρακολούθησης, υπάρχει προφανής κίνδυνος σοβαρών συνεπειών για την καλή διαβίωση των ζώων ειδικότερα, εάν το σύστημα σταματήσει να λειτουργεί. Ακόμη, η εσφαλμένη χρήση των drones για παρακολούθηση της βόσκησης εικάζεται ότι μπορεί να προκαλέσει αρνητικά αποτελέσματα και στρες στα ζώα, όμως οι επιστημονικές μελέτες σχετικά με αυτό το θέμα είναι ελάχιστες. Οι περισσότερες μελέτες, υποδεικνύουν ότι υπάρχουν μεγάλες ατομικές διαφορές στις ικανότητες και στις αντιδράσεις των ζώων, κάτι που μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα σχετικά με την ευημερία τους.

Ένα ακόμη σημαντικό ζήτημα είναι η υιοθέτηση των νέων τεχνολογιών και η χρήση τους από τους παραγωγούς, που φαίνεται να είναι περιορισμένη. Πιθανή αιτία της μειωμένης υιοθέτησης, είναι το μεγάλο κόστος για την εγκατάστασή τους, οι μειωμένες ψηφιακές δεξιότητες των ανθρώπων που θα τις χρησιμοποιήσουν, αλλά και οι κακές τηλεπικοινωνιακές υποδομές που υπάρχουν, κυρίως στις αναπτυσσόμενες χώρες. Για τους λόγους αυτούς, οι τεχνολογίες κτηνοτροφίας ακριβείας, θα πρέπει να ελέγχονται διεξοδικά, για τις δυσμενείς επιπτώσεις που μπορεί να έχουν στα ζώα, για την εύρωστη λειτουργία τους, για την παροχή εκπαίδευσης και για την επαρκή υποστήριξη των πελατών, πριν διατεθούν στην αγορά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ Ε'

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Τον περασμένο αιώνα, η αγροτική παραγωγή επικεντρωνόταν κυρίως στην κάλυψη των ανθρώπινων αναγκών, στην τιμή των παραγόμενων προϊόντων και στον ανταγωνισμό. Ωστόσο τις τελευταίες δεκαετίες, οι καταναλωτές προσδοκούν ότι τα τρόφιμα, θα παράγονται και θα επεξεργάζονται με μεγαλύτερο σεβασμό προς τα ζώα, καθώς η υγεία τους, είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την καλή διαβίωση των ζώων. Το 2023, το 84% των Ευρωπαίων πολιτών πίστευε πως η ευημερία των ζώων στη χώρα τους, θα έπρεπε να προστατεύετε περισσότερο και το 90% των πολιτών, θεωρούσε ότι οι πρακτικές εκτροφής και αναπαραγωγής των ζώων, θα πρέπει να πληρούν τουλάχιστον τις βασικές ηθικές απαιτήσεις, απαιτώντας πιο αυστηρά πρότυπα όσων αφορά στην καλή διαβίωση των ζώων (<https://food.ec.europa.eu/>). Διάφορες τεχνικές για την αξιολόγηση της ευζωίας έχουν αναπτυχθεί, κυρίως για χρήση υπό εντατικές συνθήκες εκτροφής, αγνοώντας τα ζώα που εκτρέφονται σε εκτατικά παραγωγικά συστήματα. Στις εκτατικές εκτροφές, πρέπει να αντιμετωπιστεί ένα σύνολο προκλήσεων, λόγω του βαθμού ελευθερίας και της δυνατότητας περαιτέρω ανάπτυξης της φυσιολογικής συμπεριφοράς των ζώων, σε σχέση με τα εντατικά συστήματα, καθώς και λόγω έλλειψης πρόσβασης σε τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών. Αν και πλέον οι τεχνολογικές εξελίξεις επιτρέπουν την ανάπτυξη συσκευών τελευταίας τεχνολογίας για την καταγραφή της συμπεριφοράς των ζώων, τόσο σε εντατικά όσο και σε εκτατικά συστήματα, η χρήση τους σε μεγάλη κλίμακα, μπορεί να είναι αρκετά δαπανηρή για τον παραγωγό.

Το έργο «**NewTech4Rum**» - «Ανάπτυξη νέων τεχνολογιών για τη διαχείριση των εκτατικά εκτρεφόμενων μετακινούμενων μικρών και μεγάλων μηρυκαστικών» (Development of New Technologies for the management of extensively farmed small and large Ruminants), χρηματοδοτήθηκε μέσω του επιχειρησιακού προγράμματος «Ηπειρος 2014 - 2020», «Ενίσχυση Επιχειρήσεων για Ερευνητικά Έργα στους τομείς Αγροδιατροφής, Δημιουργικής Βιομηχανίας, ΤΠΕ, Υγείας και Βιοτεχνολογίας» και είχε ως στόχο, την ανάπτυξη μίας εφαρμογής κτηνοτροφίας ακριβείας, για τη διευκόλυνση της διαχείρισης σε εκτατικά συστήματα εκτροφής μηρυκαστικών. Το έργο διήρκησε 3 έτη και υλοποιήθηκε από μια ομάδα φορέων διαφορετικών ειδικοτήτων και συγκεκριμένα, από τον Γενικό Αγροτικό Σύλλογο Ιωαννίνων «Ένωση Αγροτών», το τμήμα Επιστήμης Ζωικής Παραγωγής ΓΠΑ, Τμήμα Επιστήμης Ζωικής Παραγωγής και Υδατοκαλλιεργειών, του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (ΓΠΑ), το Εργαστήριο Δικτύων & Υπηρεσιών Υπολογιστών (CONSERT), του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής (ΠΑΔΑ) και το Ινστιτούτου Γάλακτος Ιωαννίνων του Ελληνικού Γεωργικού Οργανισμού – Δήμητρα (ΕΛΓΟ – ΔΗΜΗΤΡΑ) ΙΤΑΠ.

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν η εφαρμογή τεχνολογίας ακριβείας σε πληθυσμούς γαλακτοπαραγωγών προβάτων ελληνικών φυλών, που εκτρέφονται σε ημiekτατικές συνθήκες με εφαρμοζόμενη βόσκηση άνω των 8 ωρών ημερησίως με στόχο τη συσχέτιση συμπεριφορικών δεδομένων με τη δραστηριότητα των ζώων και με ποιοτικά χαρακτηριστικά του γάλακτος. Συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκε η χρήση κολάρων γεωεντοπισμού σε γαλακτοπαραγωγικές προβατίνες, μέσω των οποίων καταγράφηκαν δεδομένα συμπεριφοράς που σχετίζονται με την κίνηση και τη δραστηριότητα των ζώων. Τα δεδομένα αυτά, στη συνέχεια επεξεργάστηκαν και διαχωρίστηκαν ανάλογα με τον τύπο της κίνησης και διερευνήθηκε περαιτέρω τυχόν συσχέτισή τους με ποιοτικά χαρακτηριστικά του γάλακτος.

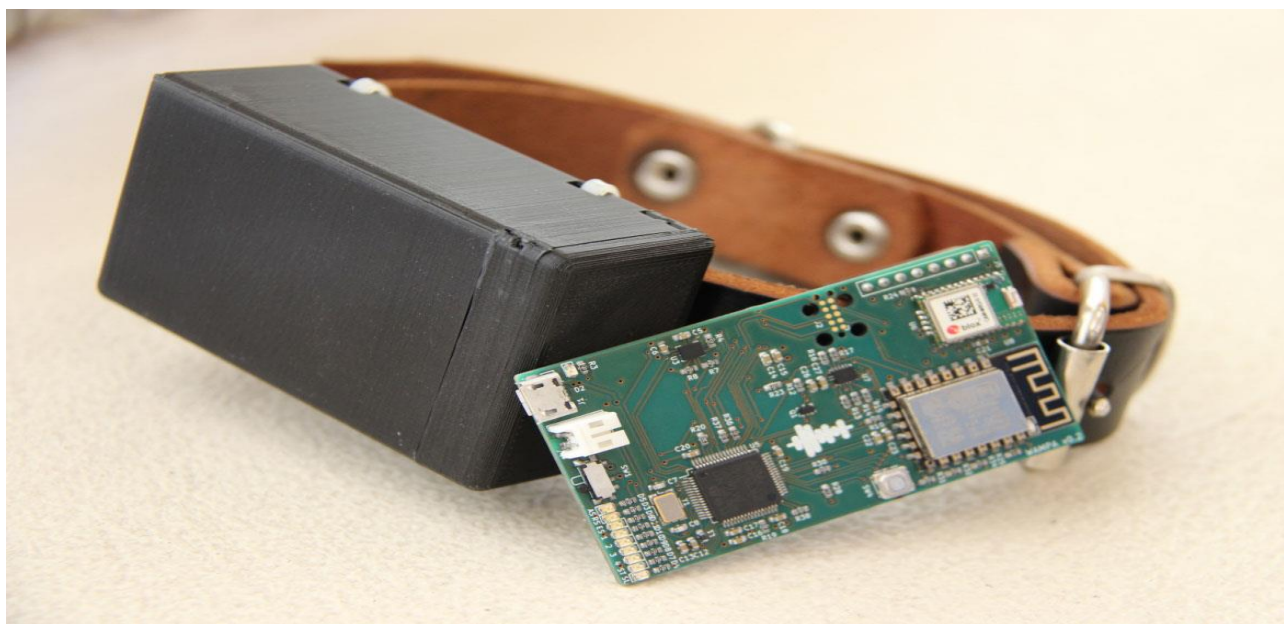
ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

1. Κολάρο γεωεντοπισμού καταγραφής κινήσεων και συνοδός εξοπλισμός

Στα πλαίσια υλοποίησης του έργου αρχικά κατασκευάστηκαν οι κατάλληλοι αισθητήρες καταγραφής των κινήσεων των παραγωγικών ζώων και ο κατάλληλος συνοδός εξοπλισμός που ήταν απαραίτητος για την καταγραφή και επεξεργασία των δεδομένων.

α) Αισθητήρες: Για τη συλλογή των δεδομένων από τα ζώα κατασκευάστηκε μια πρωτότυπη συσκευή για να μεταφέρεται από το ζώο ανά πάσα στιγμή. Σχεδιάστηκε με τέτοιο τρόπο, ώστε να προσαρμόζεται στο λαιμό ενός μηρυκαστικού, όπως ένα απλό περιλαίμιο, χωρίς να προκαλεί ουδεμία καταπόνηση στο ζώο και να είναι εύκολος ο χειρισμός του (**εικ. 27**). Η συσκευή συλλέγει τα δεδομένα που αφορούν στην αναγνώριση της οποιασδήποτε δραστηριότητας του ζώου, με τη βοήθεια ενός επιταχυνσιόμετρου και ενός γυροσκόπιου. Επιπλέον, η συσκευή διατηρεί χωρητικότητα για τον γεωεντοπισμό του ζώου (GPS) σε πραγματικό χρόνο. Συνεπώς η συχνότητα ενημέρωσης της θέσης του ζώου, ρυθμίστηκε έτσι ώστε να εντοπίζεται επαρκώς το ζώο, με την ελάχιστη κατανάλωση της μπαταρίας. Μία δυσκολία τέθηκε στη συλλογή και στο διαχωρισμό των δεδομένων, καθώς έπρεπε πρώτα να συγκεντρωθούν από τα κολάρα και στη συνέχεια να τα επεξεργαστούν με συγκεκριμένα μοντέλα μηχανικής μάθησης. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα, ένας μεγάλος όγκος δεδομένων να μεταφέρεται από το κολάρο στη συσκευή κόμβο κάθε μέρα. Το μεγαλύτερο εύρος, σε συνδυασμό με τη χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας, κατέστησε προφανές, ότι ο μεγάλος όγκος των δεδομένων δεν μπορεί να μεταδοθεί μέσω της ίδιας συχνότητας, με αποτέλεσμα η επικοινωνία να γίνεται μεταξύ δύο ξεχωριστών καναλιών, από το κολάρο του ζώου προς τη συσκευή κόμβο.

Το πρώτο κανάλι προσέφερε μικρό εύρος επικοινωνίας με υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης δεδομένων, ενώ ήταν ενεργοβόρο, σε αντίθεση με το δεύτερο, το οποίο προσέφερε πολύ μεγαλύτερο εύρος, με χαμηλότερη κατανάλωση ενέργειας, αλλά με μικρότερη ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων. Επομένως, η συσκευή του κολάρου επικοινωνούσε με τη συσκευή κόμβο, κυρίως μέσω του δεύτερου καναλιού, στέλνοντας δείγματα της γεωγραφικής θέσης σε διαστήματα 6 έως 30 δευτερολέπτων (ή/ και περισσότερων), ενώ όλες οι λεπτομερείς πληροφορίες δραστηριότητας αποθηκεύονταν τοπικά στη συσκευή (Doulgerakis et al., 2019).

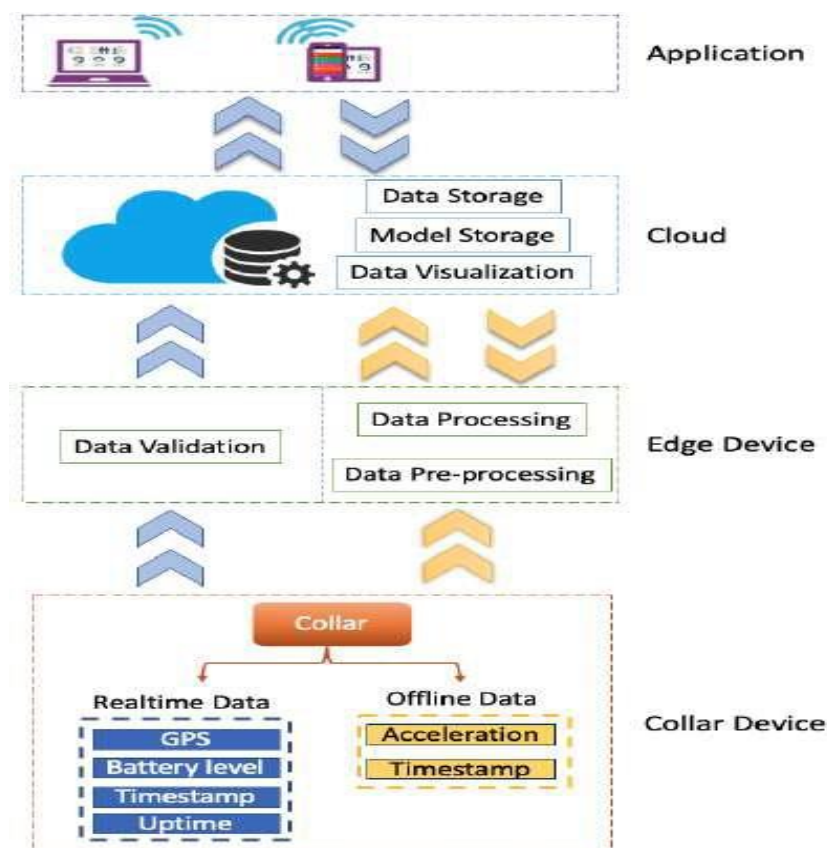


Εικόνα 27: Κολάρο NewTech4Rum [πηγή εικόνων: 23]

β) Συσκευή Κόμβος – Edge: Οι συσκευές κόμβοι χρησιμοποιούνται κυρίως για την παροχή ενός σημείου εισόδου στο κεντρικό δίκτυο του παρόχου υπηρεσιών, συνδυάζοντας τη λειτουργικότητα με την επεξεργασία των δεδομένων. Η συσκευή κόμβος (Edge), πρέπει να βρίσκεται κοντά στις συσκευές παραγωγής δεδομένων (κολάρα), να έχει άμεση πρόσβαση στις παραγόμενες πληροφορίες, ανεξάρτητα από τον τύπο τους και να παρέχει υπολογιστικές δυνατότητες που στοχεύουν στη διασφάλιση της επεξεργασίας μεγάλου όγκου δεδομένων και της εκτέλεσης εργασιών, που στοχεύουν στην επιτάχυνση της διαδικασίας επεξεργασίας δεδομένων, ενώ λειτουργεί αξιόπιστα σε εκτεταμένες περιόδους, εκτός σύνδεσης ή σε πραγματικό χρόνο. Είναι υπεύθυνη για τη διαχείριση, την επεξεργασία, την επικύρωση και την παροχή ανάλυσης, των δεδομένων που συλλέγονται από τα ζώα, συμβάλλοντας έτσι στη βελτίωση των συστημάτων κτηνοτροφικής παραγωγής. Τέτοια χαρακτηριστικά εξάγονται με τη χρήση εργαλείων ανάλυσης μηχανικής μάθησης και βαθιάς μάθησης ικανών να εντοπίζουν μοτίβα, σχέσεις και ανωμαλίες στα δεδομένα των ζώων.

Όπως απεικονίζεται στην **εικόνα 28**, η συσκευή κόμβος (Edge Device) που κατασκευάστηκε, περιλαμβάνει τις ακόλουθες μονάδες:

- 1. Επικύρωση δεδομένων:** Αυτή η ενότητα παρέχει ορισμένες εγγυήσεις που σχετίζονται με την ακρίβεια και την ποιότητα των δεδομένων, σε πραγματικό χρόνο πριν τη χρήση της. Με αυτή την έννοια, διαφορετικοί τύποι επικυρώσεων (π.χ. αφαίρεση ή παρεμβολή τιμών που λείπουν) θα μπορούσαν να πραγματοποιηθούν στα δεδομένα, σε πραγματικό χρόνο για επιθεώρηση ακεραιότητας και εγκυρότητας. Επιπλέον, η επικύρωση δεδομένων αποτελεί και είναι μια μορφή «καθαρισμού» δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, που αποθηκεύονται στο Cloud ή εισάγονται μέσω της εφαρμογής χρήστη.
- 2. Προεπεξεργασία δεδομένων:** Η συγκεκριμένη ενότητα είναι υπεύθυνη για την προετοιμασία των προς επεξεργασία ακατέργαστων δεδομένων. Υπό αυτή την έννοια, εφαρμόζονται διάφορες τεχνικές προεπεξεργασίας μηχανικής μάθησης, συμπεριλαμβανομένης της αναγραφής (π.χ. εξάλειψη θορύβου ή διόρθωση ψευδών μετρήσεων), ολοκλήρωσης δεδομένων και διαδικασίες συνάθροισης, (π.χ. ενσωμάτωση δεδομένων ή συνάθροιση βάσει της χρονικής σήμανσης για πλεονάζουσα δειγματοληψία) και κανονικοποίηση (π.χ. κλιμάκωση των τιμών όλων των χαρακτηριστικών προκειμένου να υπάρχει ο ίδιος όγκος στην επεξεργασία δεδομένων). Η προεπεξεργασία δεδομένων παίζει ουσιαστικό ρόλο στην εφαρμογή, αφού περιλαμβάνει όλους τους ετερογενείς αισθητήρες.
- 3. Επεξεργασία Δεδομένων:** Σε αυτήν την ενότητα, τα εργαλεία μηχανικής και βαθιάς μάθησης χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία, την αξιολόγηση και τη βελτίωση του μοντέλου δεδομένων. Μια αρχιτεκτονική νευρωνικού δικτύου έχει σχεδιαστεί για να επεξεργάζεται τα ακατέργαστα δεδομένα των ζώων και να δημιουργεί τα μοντέλα. Τα νευρωνικά δίκτυα εκμεταλλεύονται τη μεγάλη ποσότητα δεδομένων που παράγονται από διαφορετικούς αισθητήρες, για την κατασκευή των μοντέλων. Επιπλέον, εφαρμόζονται εργαλεία επεξεργασίας ενδιάμεσης σύντηξης δεδομένων για να συνδυάσουν τα δεδομένα από πολλούς διαφορετικούς αισθητήρες (π.χ. επιταχυνσιόμετρο, γυροσκόπιο) παράγοντας νέα ακατέργαστα δεδομένα, που αναμένεται να είναι πιο ενημερωμένα και πιο σύνθετα από το αρχικό μοντέλο, με αποτέλεσμα, η συνεχής παραγωγή δεδομένων να συνεπάγεται ένα δυναμικά εξελισσόμενο μοντέλο, μέσω συνεχούς αξιολόγησης και βελτίωσης. Το ενσωματωμένο μοντέλο αποθηκεύεται προσωρινά στο Νέφος (Cloud) και επανεκπαιδεύεται στη Συσκευή Κόμβο (Edge), όταν είναι διαθέσιμα νέα ανεπεξέργαστα δεδομένα.



Εικόνα 28: Αρχιτεκτονική Συστήματος [πηγή ξένη βιβλιογραφία:18]

γ) Νέφος – Cloud: Η αρχιτεκτονική του Νέφους (Cloud) που δημιουργήθηκε στηρίζεται στη γλώσσα προγραμματισμού «Java Spring Boot Hibernate Object Relation Mapping» (ORM) και τη βάση δεδομένων «Postgre SQL» (Structured Query Language), για την αποθήκευση των δεδομένων. Το Java Spring Boot παρέχει έναν εύκολο τρόπο για τη δημιουργία αυτόνομων εφαρμογών, που βασίζονται σε έναν κώδικα απλοποιημένης πρόσβασης σε βάσεις δεδομένων, επεξεργασίας δεδομένων, κ.ά. Χρησιμοποιείται για τη δημιουργία της κατάλληλης υπηρεσίας (RESTAPI) που συνδέει τη συσκευή κόμβο (Edge) και το Νέφος (Cloud) με την εφαρμογή του έξυπνου κινητού τηλεφώνου. Η υπηρεσία αυτή, χρησιμοποιεί μοντέλα δεδομένων που βασίζονται στα δεδομένα που συλλέγονται από τη συσκευή του κολάρου. Κάθε μοντέλο χρησιμοποιείται για να φιλτράρει ένα τελικό σημείο διεπαφής προγραμματισμού υπηρεσιών (API), «σε πραγματικό χρόνο» και «σε λειτουργία εκτός σύνδεσης». Τα δεδομένα «σε πραγματικό χρόνο», από τη συσκευή του κολάρου στην εφαρμογή του κινητού τηλεφώνου, αποστέλλονται μέσω του κόμβου (Edge), στο Νέφος (Cloud) χωρίς καμία επεξεργασία, καθώς παρέχουν κρίσιμες πληροφορίες της τοποθεσίας του ζώου/κοπαδιού και της διάρκειας ζωής της μπαταρίας. Τα δεδομένα εκτός σύνδεσης πρέπει να υποβληθούν σε περαιτέρω επεξεργασία, από τη συσκευή κόμβο (Edge) πριν σταλούν στο Νέφος (Cloud) μέσω της υπηρεσίας (RESTAPI).

δ) Εφαρμογή κινητού τηλεφώνου: Η εφαρμογή για κινητά ενημερώνει αναλόγως τον χρήστη για 1) την τοποθεσία των ζώων και 2) για την ευημερία τους. Οι πληροφορίες συλλέγονται από τη συσκευή κόμβο (Edge) και στη συνέχεια αποθηκεύονται στο Νέφος (Cloud).

- 1) **Εντοπισμός ζώων:** Η εφαρμογή για κινητά εμφανίζει στην οθόνη, τις τοποθεσίες των ζώων/κοπαδιών σε έναν χάρτη. Οι τοποθεσίες ανανεώνονται κάθε λίγα δευτερόλεπτα με το ακριβές διάστημα να εξακολουθεί να αποτελεί αντικείμενο έρευνας. Με αυτή την υπηρεσία οι κτηνοτρόφοι έχουν τη δυνατότητα να μαθαίνουν για τις κινήσεις των ζώων τους και να ενημερώνονται για ξαφνικές αλλαγές της ταχύτητάς τους, που πιθανώς υποδηλώνει ότι απειλούνται από κάποιο αρπακτικό.
- 2) **Οπτικοποίηση δεδομένων:** Η εφαρμογή για κινητά, παρέχει χρήσιμα δεδομένα που αφορούν στις καθημερινές συνήθειες των ζώων, π.χ. κατάσταση σίτισης, απόσταση που διανύεται, χρόνος που ένα ζώο περνάει ακίνητο ή κινείται κ.λπ. Αυτά τα δεδομένα παρέχουν στους κτηνοτρόφους πολύτιμες πληροφορίες, σχετικά με την ευζωία των ζώων τους και τους βοηθούν να παίρνουν τις κατάλληλες αποφάσεις για την ανάπτυξή τους. Όλα τα συγκεκριμένα δεδομένα επεξεργάζονται στο Νέφος (Cloud).

ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Η εκπαίδευση του όλου συστήματος που περιγράφηκε παραπάνω, πραγματοποιήθηκε μέσω καταγραφής και μελέτης της Ηθολογικής Συμπεριφοράς μηρυκαστικών σε συνθήκες βόσκησης. Σκοπός της όλης εκπαίδευσης του συστήματος ήταν η απαίτηση προς τον τελικό χρήστη, που αφορούσε ότι τα δεδομένα που θα λαμβάνει, θα ανταποκρίνονται στις πραγματικές αντιδράσεις των ζώων. Συγκεκριμένα η μελέτη περιλαμβάνει τη συσχέτιση των δεδομένων κίνησης των ζώων, που συλλέγονται από τους αισθητήρες, με πραγματικές συμπεριφορικές αντιδράσεις (πρότυπα συμπεριφοράς) των μηρυκαστικών (αιγοπρόβατα και βοοειδή). Οι συμπεριφορικές αντιδράσεις που καταγράφηκαν κατά τη διενέργεια εκπαίδευσης του συστήματος και η ερμηνεία τους εμφανίζονται στον «**Πίνακα 1**». Ο προσδιορισμός της ημερήσιας δραστηριότητας για κάθε ένα από τα υπό μελέτη ζώα, έγινε σε πραγματικό χρόνο παρατήρησης (livescoring), με τη βοήθεια του προγράμματος καταγραφής «Cyber Tracker». Η μέγιστη ακρίβεια των δεδομένων που αφορούσαν στην αναγνώριση της κίνησης που επετεύχθη, ήταν της τάξης του 85%. Το υψηλότερο ποσοστό διαχωρισμού των κλάσεων (F1-score) έφτασε το 75%. Τα ποσοστά αυτά κρίθηκαν πολύ ικανοποιητικά δεδομένης της θέσης των αισθητήρων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

| ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ | ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ |
|----------------------|--|
| Βόσκηση | Το ζώο βόσκει χόρτο ή άχυρο από ταΐστρες ή και από το έδαφος. |
| Τρέξιμο | Το ζώο κινείται με γρήγορη ταχύτητα. |
| Ακινήσια | Το ζώο είναι ξαπλωμένο στο έδαφος ή στέκεται, κουνώντας κατά διαστήματα το κεφάλι του ή κάνοντας πολύ αργά βήματα. |
| Γρήγορη Βάδιση | Το ζώο κινείται με γρήγορη βάδιση. Είναι μια συμπεριφορά μεταξύ περπατήματος και τρεξίματος. |
| Περπάτημα | Το ζώο περπατάει. Ο ρυθμός ποικίλει από αρκετά αργή έως γρήγορη βάδιση. |
| Άλλο | Όλες οι άλλες συμπεριφορές που δεν συμπίπτουν με τις παραπάνω περιγραφές. |
| Εκτός οπτικού πεδίου | Το ζώο δεν είναι ορατό. |

ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΖΩΟΥ ΜΕ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ

Μετά την ολοκλήρωση της εκπαίδευσης του συστήματος, ακολούθησε πιλοτική εφαρμογή της χρήσης των κολάρων σε ποιμνία γαλακτοπαραγωγών προβατίνων, οι οποίες εκτρέφονταν κατά το ημικτατικό σύστημα. Οι φορετές συσκευές τοποθετήθηκαν σε δύο ποιμνία προβάτων συνεργαζόμενων κτηνοτρόφων, τα οποία έβγαιναν για βόσκηση στην ευρύτερη περιοχή των Ιωαννίνων. Η πρώτη δοκιμή πραγματοποιήθηκε στο χρονικό διάστημα από 12 έως 16 Ιανουαρίου 2023, με τη χρήση τριών κολάρων σε ένα ποιμνίο προβάτων βιολογικής εκτροφής στην περιοχή Κατσικά Ιωαννίνων. Η καταγραφή των δεδομένων ξεκινούσε στις 7:30 π.μ., όταν τα ζώα έβγαιναν για βόσκηση και ολοκληρωνόταν στις 19:50 μ.μ., όταν επέστρεφαν στη μονάδα. Η συχνότητα καταγραφής ήταν ανά 2 λεπτά.

Η δεύτερη δοκιμή πραγματοποιήθηκε στο χρονικό διάστημα από 01 έως 04 Φεβρουαρίου 2023, με τη χρήση επίσης τριών κολάρων, σε ένα ποιμνίο προβάτων, που βρισκόταν στο χωριό Ροδοτόπι, του νομού Ιωαννίνων. Η καταγραφή ξεκινούσε στις 6:40 π.μ., όταν τα ζώα έβγαιναν για βόσκηση και ολοκληρωνόταν στις 18:30 μ.μ., όταν επέστρεφαν στη μονάδα. Η συχνότητα καταγραφής ήταν και σε αυτή την περίπτωση ανά 2 λεπτά.

Κατά τη διάρκεια των δοκιμών συλλέγονταν δείγματα πρωινού και βραδινού γάλακτος, ανά ημέρα από τα ζώα, ενώ επίσης συλλέχθηκε και γάλα από ζώα που δεν έφεραν κολάρα (μάρτυρας). Η συνολική καταγραφή δεδομένων από τους αισθητήρες ανήλθε σε 9.810 καταγραφές και αφορούσαν στη διάρκεια και στην ένταση της κίνησης των ζώων.

ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΓΑΛΑΚΤΟΣ

Τα δείγματα γάλακτος αναλύθηκαν ως προς τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά τους, λίπος, πρωτεΐνη, λακτόζη, στερεά άνευ λίπους και αριθμό σωματικών κυττάρων, χρησιμοποιώντας το MilkoScan, model 6000 (Foss Electric, Hillerød, Denmark) και ως προς τα μικροβιολογικά χαρακτηριστικά (ολική μικροβιακή χλωρίδα, OMX) με το BactoScan FC (Foss Electric) χρησιμοποιώντας εγκεκριμένες μεθόδους (ISO-IDF 2013-2009-2006-2004, ISO 2016). Για τη μικροβιολογική ανάλυση, τα δείγματα συντηρήθηκαν με αζίδιο του νατρίου (sodiumazide) (0.02% Merck, Darmstadt, Germany). Το pH μετρήθηκε απευθείας στο γάλα με πεχάμετρο (Micro pH 2002 Crison, Barcelona, Spain). Όλες οι αναλύσεις έγιναν εις διπλούν για κάθε δείγμα.

Τα λιπαρά οξέα του λίπους του γάλακτος προσδιορίστηκαν σύμφωνα με τους Bandings and DeJong, (1983). Πιο συγκεκριμένα ποσότητα γάλακτος (50 ml) εκχυλίστηκε τρεις φορές με πετρελαϊκό αιθέρα όγκου 50ml. Τα ενωμένα εκχυλίσματα εξατμίσθηκαν υπό κενό και από το λίπος που απέμεινε ζυγίστηκε ποσότητα 0,1 γραμμάρια, το οποίο επαναδιαλύθηκε σε πεντάνιο στο οποίο προστέθηκαν 0,6ml CH₃ONa 2M. Το δείγμα αναμίχθηκε σε vortex για 2 min. και στη συνέχεια φυγοκεντρήθηκε στις 2000 στροφές για 3 min.

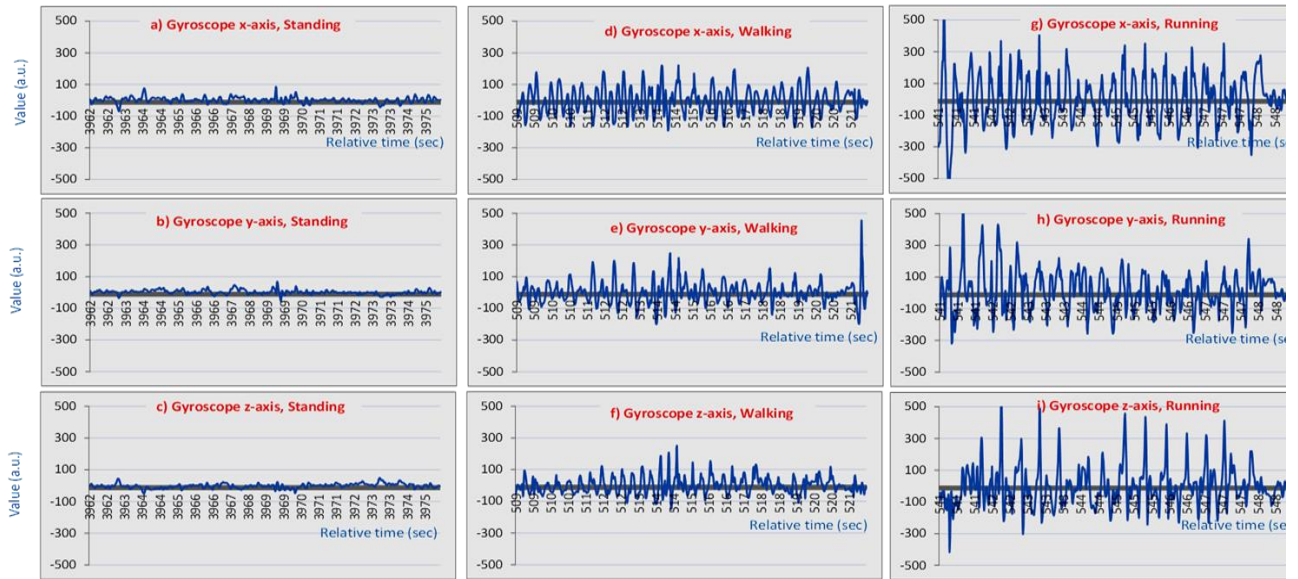
ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έγινε με τη χρήση του SPSSv.26 και αφορούσε τη σύγκριση της δραστηριότητας των ζώων μεταξύ των δύο πιλοτικών εφαρμογών (ποιίμνια) (one way Anova), καθώς και τη διερεύνηση της συσχέτισης της δραστηριότητας των ζώων με ποιοτικά χαρακτηριστικά του γάλακτος (Pearson correlation).

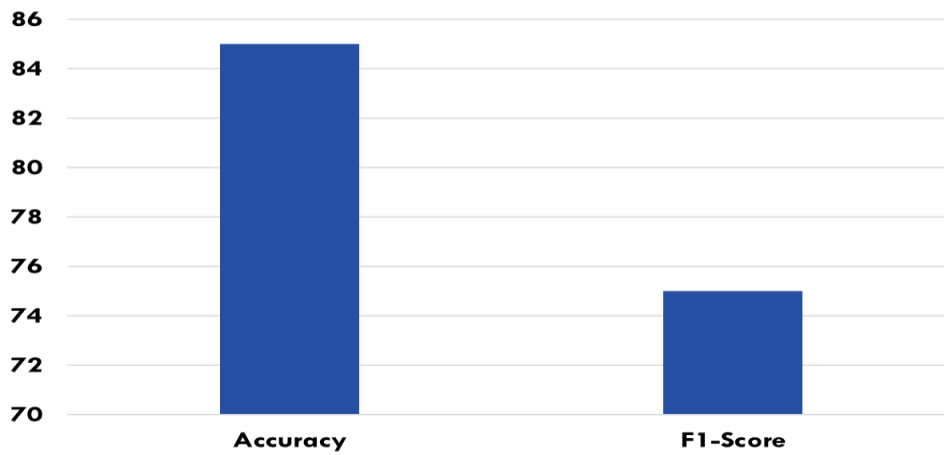
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Α) ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Η εκπαίδευση του συστήματος μέσω ηθολογικών δεδομένων και συσχετισμού των δεδομένων συμπεριφοράς με πραγματικές συμπεριφορικές αντιδράσεις του ζώου (**εικ. 29**), είχε ως αποτέλεσμα να επιτευχθεί μία μέγιστη ακρίβεια των δεδομένων που αφορούσαν, στην ακρίβεια αναγνώρισης της κίνησης που το ζώο πραγματοποιεί της τάξης του 85%. Επίσης, το υψηλότερο ποσοστό διαχωρισμού των κλάσεων (F1-score), δηλαδή πόσο καλά αναγνωρίζει ο αλγόριθμος τις συμπεριφορικές κλάσεις ήταν της τάξης του 75% (**Διάγραμμα 1**).



Εικόνα 29: Συμπεριφορικά αποτελέσματα



Διάγραμμα 1

Στον «Πίνακα 2» παρουσιάζονται τα ποσοστά δραστηριότητας των προβάτων επί του συνολικού χρόνου παρατηρήσεων.

| <u>ΠΙΝΑΚΑΣ 2 – ΠΡΟΒΑΤΑ</u> | |
|-----------------------------------|--|
| ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ | ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣ ΤΗΣ ΣΤΟ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΧΡΟΝΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ (%) |
| Βόσκηση | 27,03 |
| Τρέξιμο | 1,19 |
| Ακινησία | 41,65 |
| Γρήγορη Βάδιση | 0,04 |
| Περπάτημα | 8,97 |
| Άλλο | 3,96 |
| Εκτός οπτικού πεδίου | 17,16 |
| Σύνολο | 100 |

Διαπιστώνεται ότι τα πρόβατα δαπανούσαν ~42% περίπου του χρόνου παρατήρησης σε ακινησία, ~27% σε βόσκηση, ~9% σε περπάτημα και ένα πολύ μικρό ποσοστό σε γρήγορη βάδιση.

Στον «Πίνακα 3» παρουσιάζονται τα ποσοστά δραστηριότητας των αιγών επί του συνολικού χρόνου παρατηρήσεων.

| <u>ΠΙΝΑΚΑΣ 3 - ΑΙΓΕΣ</u> | |
|---------------------------------|--|
| ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ | ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣ ΤΗΣ ΣΤΟ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΧΡΟΝΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ (%) |
| Βόσκηση | 43,53 |
| Τρέξιμο | 0 |
| Ακινησία | 32,45 |
| Γρήγορη Βάδιση | 0 |
| Περπάτημα | 15,97 |
| Άλλο | 0,31 |
| Εκτός οπτικού πεδίου | 7,74 |
| Σύνολο | 100 |

Διαπιστώνεται ότι περίπου το ~45% του χρόνου τους οι αίγες το δαπανούν σε βόσκηση, το ~32% σε στατική θέση και το ~16% σε περπάτημα.

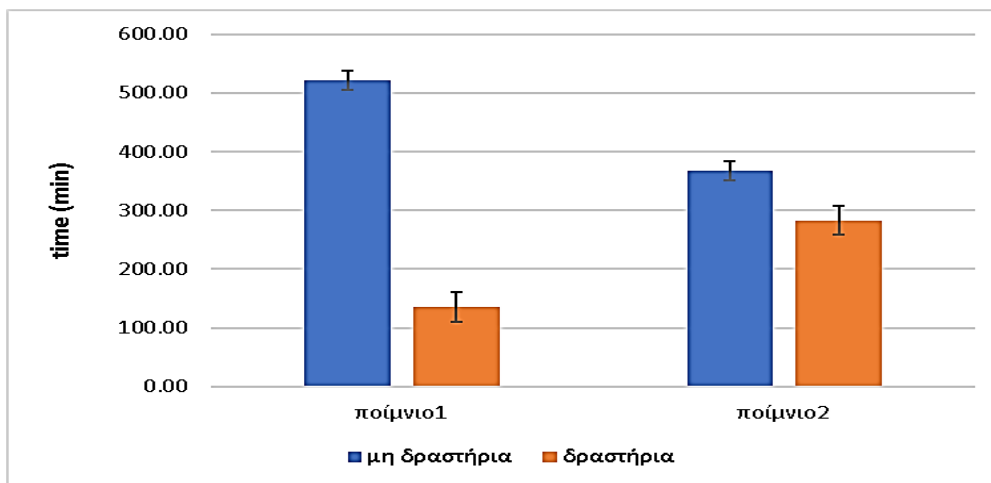
Στον «Πίνακα 4» παρουσιάζονται τα ποσοστά επί του συνολικού χρόνου παρατηρήσεων των αγελάδων.

| <u>ΠΙΝΑΚΑΣ 4 - ΑΓΕΛΛΑΔΕΣ</u> | |
|-------------------------------------|--|
| ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ | ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣ ΤΗΣ ΣΤΟ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΧΡΟΝΟ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΝ (%) |
| Βόσκηση | 13,48 |
| Τρέξιμο | 0,28 |
| Ακινήσια | 66,56 |
| Γρήγορη Βάδιση | 0,04 |
| Περπάτημα | 7,47 |
| Άλλο | 4,81 |
| Εκτός οπτικού πεδίου | 7,36 |
| Σύνολο | 100 |

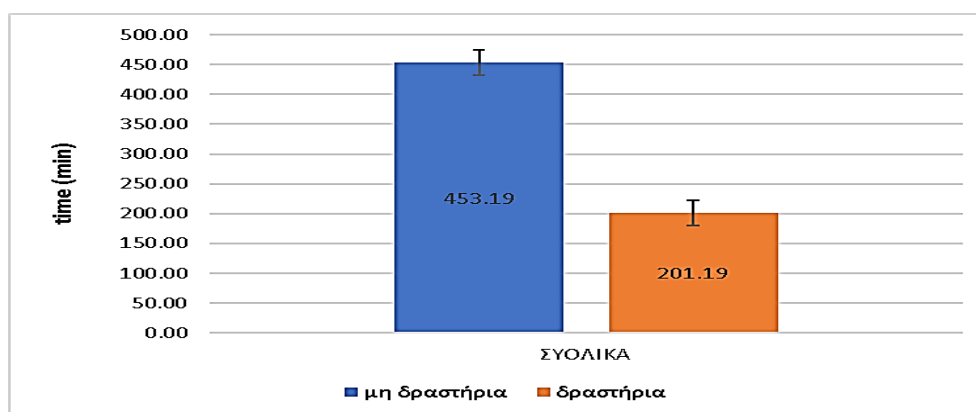
Από τη δραστηριότητα των αγελάδων που καταγράφηκε διαπιστώνεται ότι πάνω από το 65% του χρόνου τους το δαπανούσαν σε στατική θέση και το ~13,5% περίπου σε βόσκηση.

B) ΠΙΛΟΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Στο «Διάγραμμα 2» απεικονίζεται ο χρόνος που τα ζώα ήταν δραστήρια ή όχι μεταξύ των δύο ποιμνίων που εφαρμόστηκαν τα κολάρα με τους αισθητήρες. Εντός του κάθε κοπαδιού βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ του χρόνου που τα ζώα ήταν δραστήρια και μη δραστήρια, με το χρόνο αδράνειας να είναι σημαντικά υψηλότερος ($P < 0,01$) και στις δύο περιπτώσεις. Στατιστικώς σημαντικές διαφορές παρατηρήθηκαν επίσης και μεταξύ των δύο κοπαδιών αναφορικά με το χρόνο που τα ζώα ήταν δραστήρια και μη δραστήρια ($P < 0,05$). Στο δεύτερο κοπάδι ο χρόνος αδράνειας ήταν μικρότερος και κατά συνέπεια, ο χρόνος δραστηριότητας των ζώων ήταν υψηλότερος. Ο συνολικός χρόνος που τα ζώα ήταν δραστήρια, απεικονίζεται στο «Διάγραμμα 3» και διέφερε στατιστικώς σημαντικά από το χρόνο που καταγράφηκε ως μη δραστήρια και για τα δύο κοπάδια συνολικά (ενοποίηση δεδομένων).



Διάγραμμα 2



Διάγραμμα 3

Γ) ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ ΚΑΙ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΖΩΩΝ

Στον «Πίνακα 5» που περιέχονται οι αναλύσεις των χαρακτηριστικών του γάλακτος, διαφαίνεται ότι ανεξαρτήτως κολάρου και σταδίου αρμέγματος, το pH κυμάνθηκε από 6,37- 6,94, το λίπος μεταξύ 4,90% και 8,12%, οι πρωτεΐνες μεταξύ 5,03% - 7,17%, η λακτόζη μεταξύ 3,76% και 5,32%, τα ολικά στερεά μεταξύ 15,90% και 20,51%, τα ολικά στερεά στην άνευ λίπους ουσία μεταξύ 10,76% και 12,70%, το σημείο πήξης από -0,528 έως -0,691°C. Η ολική μικροβιακή χλωρίδα (OMX) από 5,75*1000 cfu/ ml έως 78,5*1000 cfu/ ml, ενώ ο αριθμός των σωματικών κυττάρων από 108*1000 cfu/ ml έως 2016,67*1000 cfu/ ml.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης, ο συνολικός χρόνος που τα ζώα ήταν δραστήρια βρέθηκε να συσχετίζεται θετικά με την περιεκτικότητα λακτόζης και με την περιεκτικότητα σε ολικά στερεά άνευ λίπους. Αρνητική συσχέτιση παρατηρήθηκε στην περιεκτικότητα του λίπους, στο σημείο πήξεως, στην ολική μικροβιακή χλωρίδα (OMX) και στον αριθμό των σωματικών κυττάρων (SCC). Επίσης παρατηρήθηκε αρνητική συσχέτιση της έντασης, με την περιεκτικότητα του λίπους του γάλακτος ($rs = -0,451, P < 0,018$).

Πίνακας 5

| ΚΟΛΑΡΑ | ΓΑΛΑ | pH | ΛΙΠΟΣ % | ΠΡΩΤΕΪΝΗ % | ΛΑΚΤΟΖΗ % | ΟΛΙΚΑΣΤΕΡΕΑ % | ΟΛΙΚΑΣΤΕΡ. ANEY ΛΙΠ. % | ΣΗΜΕΙΟ ΠΗΞΗΣ, °C | OMX*1000,cfu/ml | SCC*1000, cfu/ml |
|-----------------|---------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 1 | Πρωινό | 6.72±0.05 ^a | 4.97±0.48 ^a | 5.03±0.16 ^a | 4.84±0.07 ^a | 15.90±0.54 ^a | 10.93±0.21 ^a | -0.593±0.018 ^a | 16±5.12 ^a | 478.36±178.97 ^a |
| | Βραδινό | 6.71±0.06 ^a | 6.07±0.67 ^a | 5.16±0.17 ^a | 4.84±0.11 ^a | 17.14±0.75 ^a | 11.07±0.25 ^a | -0.601±0.019 ^a | 15.17±3.93 ^a | 741.83±318.36 ^a |
| 2 | Πρωινό | 6.75±0.03 ^a | 5.90±0.44 ^a | 5.66±0.27 ^a | 4.64±0.13 ^a | 17.25±0.41 ^a | 11.35±0.28 ^a | -0.592±0.021 ^a | 20.64±5.71 ^a | 1189.91±472.32 ^a |
| | Βραδινό | 6.85±0.03 ^b | 6.17±0.42 ^a | 5.65±0.29 ^a | 4.80±0.15 ^a | 17.60±0.7 ^a | 11.44±0.32 ^a | -0.604±0.024 ^a | 32.83±18.93 ^a | 1099.17±428.50 ^a |
| 3 | Πρωινό | 6.74±0.04 ^a | 5.53±0.51 ^a | 5.32±0.18 ^a | 4.83±0.06 ^a | 16.61±0.56 ^a | 11.07±0.18 ^a | -0.577±0.013 ^a | 14.82±5.38 ^a | 498.36±88.94 ^a |
| | Βραδινό | 6.80±0.06 ^a | 6.94±0.31 _b | 5.04±0.19 ^a | 4.87±0.08 ^a | 17.76±0.34 ^a | 10.81±0.24 ^a | -0.478±0.106 ^a | 21.58±7.50 ^a | 884.08±299.49 ^a |
| 4 | Πρωινό | 6.37±0.01 ^a | 5.59±0.04 ^a | 5.53±0.12 ^a | 4.44±0.10 ^a | 16.34±0.02 ^a | 10.76±0.02 ^a | -0.569±0.009 ^a | 8.00±0.56 ^a | 1109.00±78.00 ^a |
| | Βραδινό | 6.72±0.26 ^a | 6.85±0.10 _b | 6.36±0.46 ^a | 3.76±0.33 ^a | 17.77±0.28 ^b | 10.93±0.18 ^a | -0.54±0.02 ^a | 50.00±39.52 ^b | 2016.67±880.21 ^a |
| 5 | Πρωινό | 6.45±0.03 ^a | 6.69±0.43 ^a | 7.12±0.05 ^a | 4.55±0.14 ^a | 19.14±0.35 ^a | 12.45±0.09 ^a | -0.586±0.007 ^a | 13.00±5.00 ^a | 108.00±14.00 ^a |
| | Βραδινό | 6.49±0.01 ^a | 8.12±0.32 ^a | 7.17±0.01 ^a | 4.44±0.06 ^a | 20.51±0.25 ^a | 12.40±0.07 ^a | -0.583±0.001 ^a | 10.00±2.00 ^a | 132.5±75.5 ^a |
| 6 | Πρωινό | 6.81±0.02 ^a | 5.93±0.07 ^a | 6.59±0.07 ^a | 3.76±0.03 ^a | 17.06±0.04 ^a | 11.13±0.1 ^a | -0.539±0.002 ^a | 78.5±24.5 ^a | 534.00±468 ^a |
| | Βραδινό | 6.94±0.12 ^a | 6.69±0.4 ^a | 5.70±0.57 ^a | 3.89±0.10 ^a | 17.01±0.85 ^a | 10.32±0.50 ^a | -0.528±0.11 ^a | 32.67±10.87 ^a | 1669.67±868.30 ^a |
| Μάρτυρας | Πρωινό | 6.77±0.04 ^a | 4.9±0.68 ^a | 6.10±0.76 ^a | 5.32±0.44 ^a | 17.60±1.32 ^a | 12.70±1.38 ^a | -0.691±0.070 ^a | 22.8±14.92 ^a | 332.80±194.54 ^a |
| | Βραδινό | 6.82±0.03 ^a | 7.89±1 ^b | 5.61±0.15 ^a | 5.17±0.15 ^a | 19.69±0.96 ^a | 11.80±0.18 ^a | -0.673±0.009 ^a | 5.75±3.75 ^a | 197.75±105.21 ^a |

Μέσος Όρος ±SE. a, b: για κάθε κολάρο και παράμετρο (π.χ. pH) διαφορετικοί εκθέτες δείχνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ του σταδίου αρμέγματος (πρωινό, βραδινό) του γάλακτος, OMX: ολική μικροβιακή χλωρίδα, SCC: σωματικά κύτταρα

ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα μελέτη είχε ως πρωταρχικό στόχο την παρουσίαση των μέσων κτηνοτροφίας ακριβείας, που δύνανται να εφαρμοστούν σήμερα στην εκτροφή μικρών μηρυκαστικών. Επίσης, παρουσιάζεται η εφαρμογή ενός αυτοματοποιημένου συστήματος με έναν μόνο τύπο ασύρματου αισθητήρα, ικανού να καταγράφει διάφορους δείκτες ευημερίας του ζώου, όπως πληροφορίες κίνησης, ταχύτητας και γεωεντοπισμού, που λειτουργεί με τη βοήθεια νευρωνικών δικτύων, βαθιάς μάθησης, βάσει πρωτοτύπων αλγορίθμων αναγνώρισης. Η συσκευή αυτή παρέχει επίσης στους τελικούς χρήστες, εύχρηστες και αποτελεσματικές απεικονίσεις των πληροφοριών, έτσι ώστε να είναι σε θέση να λαμβάνουν σε πραγματικό χρόνο, τις κατάλληλες αποφάσεις.

Με βάση την εκπαίδευση του όλου συστήματος και των αλγορίθμων που χρησιμοποιεί η εφαρμογή, για την αναγνώριση και την κατάταξη στην ορθή κατηγορία συμπεριφορικών κινήσεων και αντιδράσεων, τα ποσοστά ακρίβειας και ορθής αναγνώρισης των κλάσεων συμπεριφορών κρίνονται πολύ ικανοποιητικά δεδομένης και της θέσης τοποθέτησης των αισθητήρων.

Με βάση τις πιλοτικές εφαρμογές που υλοποιήθηκαν, κατά τη διάρκεια της ημέρας, τα ζώα φαίνεται ότι περνούν τον περισσότερο χρόνο τους σε αδράνεια, ενώ ο χρόνος δραστηριότητας είναι σημαντικά μικρότερος και συνδέεται με τις περιόδους σίτισης και τις εκδηλώσεις κοινωνικών συμπεριφορών. Η αναλογία των χρόνων δραστηριότητας και αδράνειας, διατηρήθηκε μεταξύ των δύο κοπαδιών παρόλο που οι ατομικοί χρόνοι δραστηριότητας και αδράνειας διέφεραν σημαντικά.

Τα φυσικοχημικά και μικροβιολογικά χαρακτηριστικά του πρόβειου γάλακτος της παρούσας μελέτης, ήταν εντός των αποδεκτών ορίων. Συγκεκριμένα, τα αποδεκτά όρια του ΕΛΓΟ - ΔΗΜΗΤΡΑ (φορέας του Υπουργείου Ανάπτυξης και Τροφίμων που είναι υπεύθυνος για τον ποιοτικό έλεγχο του παραδιδόμενου γάλακτος) είναι για το πρόβειο γάλα τα ακόλουθα: λίπος 5 - 10%, πρωτεΐνη 5,2 - 7%, λακτόζη 4,2 - 5,3%, στερεά στην άνευ λίπους ουσία 10,3 - 12,2%, σημείο πήξεως από -0,545 ως -0,585° C. Επίσης, τα αποτελέσματα ήταν σε συμφωνία με τα αποτελέσματα από τους επίσημους ελέγχους για το γάλα της περιφέρειας Ηπείρου για το έτος 2022 (δηλαδή λίπος 6,74%, πρωτεΐνες 5,57%, λακτόζη 4,81%, στερεό υπόλειμμα στην άνευ λίπους ουσία 11,12%, σημείο πήξεως -0,561°C, OMX * 1000 355,9 cfu/ ml). Οι διαφορές που παρατηρούνται σε κάποιες παραμέτρους μπορεί να οφείλονται στην ατομικότητα του ζώου, καθώς οι τιμές της παρούσας μελέτης προέρχονται από μεμονωμένα ζώα που φορούσαν τα κολάρα ή τον μάρτυρα και όχι από το σύνολο του γάλακτος που είχε συλλεχθεί. Είναι γνωστό ότι υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν τη σύσταση του παραγόμενου γάλακτος. Τέτοιοι παράγοντες είναι γενετικοί (είδος, φυλή και ατομικότητα του ζώου), φυσιολογικοί (στάδιο της γαλακτικής περιόδου, ηλικία του ζώου, κατάσταση υγείας του μαστού) και περιβαλλοντικοί (διατροφή, κλίμα, μέθοδος άμελξης, μεταχείριση των ζώων) (Μοάτσου, 2009).

Αναφορικά με τα μικροβιολογικά χαρακτηριστικά, η οδηγία (EC) Νο 853/2004 αναφέρει ότι το αιγοπρόβειο γάλα πρέπει να έχει $\leq 1.500.000$ cells/ml και τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης το επιβεβαιώνουν. Στα σωματικά κύτταρα, είναι απαραίτητο να διατηρείται ο αριθμός τους σε χαμηλό επίπεδο, γιατί οι αυξημένες τιμές επηρεάζουν την ποιότητα του γάλακτος. Η Ε.Ε. δεν έχει θεσπίσει κάποιο ανώτερο όριο στις τιμές των σωματικών κυττάρων για το αιγοπρόβειο γάλα. Οι Leither et al. (2008), αναφέρουν ότι αιγοπρόβειο γάλα με τιμές σωματικών κυττάρων μεγαλύτερες των 3.500 SCC /ml, δεν πρέπει να καταναλώνεται. Επομένως με βάση τα ανωτέρω, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το γάλα που συλλέχτηκε στα πλαίσια της παρούσας μελέτης ήταν καλής ποιότητας.

Επιπλέον, φαίνεται ότι υπάρχει μία επίδραση του τύπου της δραστηριότητας σε ποιοτικά χαρακτηριστικά του γάλακτος, που σημαίνει ότι ο παραγωγός μπορεί να λαμβάνει ειδοποιήσεις για ποιοτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος με βάση την ατομική δραστηριότητα του ζώου. Βέβαια, περισσότερος χρόνος παρατήρησης σε συνδυασμό με μεγαλύτερο αριθμό ζώων και διαφορετικό ανάγλυφο, θα μπορούσε να συμβάλει περαιτέρω στη διαλεύκανση της επίδρασης της δραστηριότητας σε ποιοτικά χαρακτηριστικά του γάλακτος. Δυστυχώς μετά από αρκετή έρευνα σε σχετικές βιβλιογραφίες, δεν βρέθηκαν αντίστοιχες μελέτες που να αποδεικνύουν τυχόν συσχέτιση της δραστηριότητας των αιγοπροβάτων με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του γάλακτος.

Μια παρεμφερής έρευνα, αφορούσε τρεις εκμεταλλεύσεις αγελάδων γαλακτοπαραγωγής, που βρίσκονταν σε περιοχές της Ιταλίας (Lovarelli et al., 2023). Η παρακολούθηση των ζώων γινόταν για τρία χρόνια (2019 - 2022), με σκοπό να αξιολογηθούν τυχόν βελτιώσεις στη διαχείριση των εκμεταλλεύσεων, που χρησιμοποιούσαν τεχνολογίες κτηνοτροφίας ακριβείας. Τα κύρια ζητήματα που τέθηκαν αφορούσαν: α) το θερμικό στρες, β) την ανίχνευση οίστρου και γ) την ελεύθερη πρόσβαση των αγελάδων σε εξωτερικούς χώρους για βόσκηση. Το πεδίο που μας ενδιαφέρει είναι το τρίτο, που σχετίζεται με την παρακολούθηση των αγελάδων που είχαν ελεύθερη πρόσβαση σε βοσκότοπους και που θα περιγραφεί στη συνέχεια.

Η συγκεκριμένη μελέτη έγινε σε μια εκμετάλλευση που βρισκόταν στην κοιλάδα του Πάδου στη Βόρεια Ιταλία. Κατά τη διάρκεια της ξηράς περιόδου, οι αγελάδες κατανεμήθηκαν τυχαία σε δύο ομάδες. Η μία ομάδα είχε ελεύθερη πρόσβαση σε εξωτερικούς χώρους για βόσκηση, ενώ η άλλη ομάδα βρισκόταν ενσταυλισμένη στις εγκαταστάσεις της μονάδας, χωρίς καμία πρόσβαση. Τα ζώα και των δύο ομάδων, παρέμειναν έτσι μέχρι την περίοδο των τοκετών και στη συνέχεια αναμίχθηκαν πάλι, χωρίς να έχουν καμία πρόσβαση σε εξωτερικούς χώρους. Η καταγραφή της δραστηριότητάς τους (μηρυκασμός), γινόταν μέσω αισθητήρων τοποθετημένων στα κολάρα των ζώων, καθ' όλη τη διάρκεια πριν τον τοκετό και για 100 μέρες μετά, αφού είχαν εισέλθει στη γαλακτοπαραγωγή. Κάθε μήνα πραγματοποιούνταν οι απαραίτητοι έλεγχοι, όσων αφορά στην υγεία, στην καθαριότητα και στη σωματική κατάσταση των ζώων και των δύο ομάδων αντίστοιχα.

Κατά τη διάρκεια της γαλακτοπαραγωγικής περιόδου, η γαλακτοπαραγωγή καταγραφόταν ξεχωριστά για κάθε αγελάδα και των δύο ομάδων, σε κάθε άρμεγμα, μέσω αυτόματων καταμετρητών και η ποιότητα και η εκτιμώμενη απόδοση του γάλακτος 305 ημερών, υπολογιζόταν κατά τη διάρκεια μηνιαίων δοκιμών που πραγματοποιούνταν από την Ιταλική Ένωση Εκτροφέων (Associazione Italiana Allevatori, Rome, Italy).

Αναλύοντας τη δραστηριότητα που καταγραφόταν στους αισθητήρες των κολάρων διαπιστώθηκε ότι οι αγελάδες που είχαν ελεύθερη πρόσβαση σε βοσκότοπους, αφιέρωσαν σημαντικά περισσότερο χρόνο στην κατανάλωση τροφής ($458 \pm 11,1$ λεπτά/ημέρα) σε σύγκριση με τις ενσταυλισμένες ($414 \pm 12,1$ λεπτά/ημέρα). Τα ζώα που είχαν πρόσβαση στην ύπαιθρο, ήταν πιο καθαρά και πιο υγιή (σχετικά με χολόητες), ενώ δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στη σωματική τους κατάσταση σε σχέση με τα ενσταυλισμένα. Μετά τον τοκετό και αφού οι δύο ομάδες είχαν ενωθεί, οι αγελάδες της ομάδας που έβοσκαν, έτειναν να ξοδεύουν περισσότερο χρόνο στην κατανάλωση τροφής ($353 \pm 10,4$ λεπτά/ημέρα), σε σύγκριση με τις υπόλοιπες ($325 \pm 11,2$ λεπτά/ ημέρα). Επίσης στις αγελάδες που είχαν πρόσβαση σε βοσκότοπους παρατηρήθηκε αύξηση της γαλακτοπαραγωγής της τάξης του +5%, υψηλότερη ημερήσια απόδοση γάλακτος ($38,9 \pm 1,04$ kg/ημέρα) και αύξηση της συνολικής ποσότητας μέχρι το τέλος της γαλακτοπαραγωγικής περιόδου (10.124 ± 244 kg), συγκριτικά με τις ενσταυλισμένες που είχαν ημερήσια απόδοση $37,0 \pm 1,12$ kg/ ημέρα/ αγελάδα και συνολική ποσότητα έως το τέλος της γαλακτοπαραγωγικής περιόδου 9.276 ± 268 kg. Από τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης, γίνεται αντιληπτό ότι με τη χρήση ορισμένων τεχνολογιών παρακολούθησης, προκύπτουν οφέλη όχι μόνο σε επίπεδο εκμετάλλευσης αλλά και όσον αφορά στην καλή διαβίωση των ζώων. Υπάρχει μια θετική επίδραση, όταν παρέχεται στα ζώα η ελεύθερη επιλογή πρόσβασης σε βοσκότοπους, διότι επιστρέφουν κατά κάποιο τρόπο στο φυσικό τους περιβάλλον, αυξάνοντας τη βιωσιμότητά τους, είναι πιο υγιή, που σημαίνει ότι χρειάζονται λιγότερες κτηνιατρικές παρεμβάσεις, άρα και λιγότερα φάρμακα, ενώ ταυτόχρονα αυξάνεται και η παραγωγικότητά τους.

Συνοψίζοντας, η ανάπτυξη συστημάτων κτηνοτροφίας ακριβείας, διευκολύνει τη διαχείριση των κτηνοτροφικών μονάδων, προς όφελος της παραγωγικότητάς τους, προσφέροντας παρακολούθηση των ζωτικών δεικτών, όπως η αρτηριακή πίεση, ο καρδιακός ρυθμός, τα επίπεδα ορμονών κ.α., παρακολούθηση της δραστηριότητας των ζώων, της κατανάλωσης τροφής και της αναπαραγωγής, καθώς και διάφορες άλλες παραμέτρους, όπως πληροφορίες γεωγραφικής θέσης, που δίνουν την δυνατότητα να εντοπιστούν έγκαιρα διάφορα ζητήματα υγείας, σωματικής κατάστασης και ευημερίας, καθώς και έγκαιρη παρέμβαση και εφαρμογή διορθωτικών μέτρων.

Τα συστήματα κτηνοτροφίας ακριβείας, αναμένεται να βοηθήσουν στην ανάπτυξη της εκτατικής κτηνοτροφίας, κυρίως σε ορεινές και μειονεκτικές περιοχές και να διευκολύνουν τη ζωή των κτηνοτρόφων και τη διαχείριση των κοπαδιών τους, ενώ προβλέπεται η αλματώδης ανάπτυξή τους, με ακόμα περισσότερες δυνατότητες καταγραφής και επεξεργασίας δεδομένων, εξαιτίας της συνεχιζόμενης εξέλιξης του τεχνολογικού τομέα. Τέλος μπορεί να επιτρέψει στους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, να προσδιορίσουν ορισμένες παραμέτρους, τόσο σε τοπικό, όσο και σε εθνικό επίπεδο, έτσι ώστε να επιτευχθούν μεγαλύτεροι στόχοι βιωσιμότητας, πείθοντας τους αγρότες – κτηνοτρόφους να επενδύσουν στην τεχνολογία.

Φυσικά όπως έχει ήδη αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, δεν παύουν να υπάρχουν ορισμένοι προβληματισμοί όσον αφορά στην καλή μεταχείριση των ζώων, το κόστος εγκατάστασης των συστημάτων συγκριτικά με το κέρδος, καθώς και στην ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων. Το βέβαιο είναι ότι τα συστήματα παραγωγής κτηνοτροφικών προϊόντων, πρέπει να είναι προσαρμοσμένα πρώτα απ' όλα στις ανάγκες των ζώων και να μην βασίζονται αποκλειστικά στις νέες τεχνολογίες. Με την κατάλληλη ενημέρωση από την πολιτεία και με τη συνεχιζόμενη έρευνα των επιστημόνων στο συγκεκριμένο αντικείμενο, η κτηνοτροφία ακριβείας θα γίνει η τεχνολογία του μέλλοντος και αργά ή γρήγορα όλοι οι παραγωγοί θα αναγκαστούν να στραφούν προς αυτή την κατεύθυνση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΑΡΘΟΓΡΑΦΙΑ - E-BOOKS:

- Aquilani C., Confessore A., Bozzi R., Sirtori F., Pugliese C. / Precision Livestock Farming technologies in pasture-based livestock systems/ *Animal* 16 (2022)
[doi:10.1016/j.animal.2021.100429]
- Bacco Manlio; Barsocchi Paolo; Ferro Erina; Gotta Alberto; Ruggeri Massimiliano / The Digitisation of Agriculture: a Survey of Research Activities on Smart Farming / *Array* 3-4 (2019) [doi:10.1016/j.array.2019.100009]
- Berckmans Daniel / Precision livestock farming technologies for welfare management in intensive livestock systems / *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.*33 (1) 189-196 (2014)
- Brase A. Terry / Γεωργία ακριβείας, μετάφραση Αλεξάνδρα Γ. Τσετσενέκου, επιστημονική επιμέλεια Ευστράτιος Φ. Γεωργόπουλος (2009) / Εκδόσεις «Εμβρυο»
- Buller Henry; Blokhuis Harry; Lokhorst Kees; Silberberg Mathieu and Veissie Isabelle / Animal Welfare Management in a Digital World / *Animals* (2020)
[doi:10.3390/ani10101779]
- Cajal Gerardo; Castro-Costa Andreia; Salama Ahmed A.K.; Oliver Joan; Baratta Mario; Ferrer Carles and Knight Christopher / Sensing solutions for improving the performance, health and wellbeing of small ruminants / Article in *Journal of Dairy Research* (2020)
[doi:10.1017/S002202990000667] **(εικ.3)**
- Castrignano Annamaria; Khosla Raj; Moshou Dimitrios; Buttafuoco Gabriele; Mouazen M. Abdul.; Naud Olivier / Agricultural internet of things and decision support for precision smart farming, Elsevier Academic Press (2020)
- Doulgerakis Vasileios, Kalyvas Dimitrios, Bocaj Enkeleda, Giannousis Christos, Feidakis Michalis, Laliotis P. George, Patrikakis Charalampos, Bizelis Iosif / An Animal Welfare Platform for Extensive Livestock Production Systems / Conference: Poster and Workshop Sessions of AmI-2019, the 2019 European Conference on Ambient Intelligence, 13/11/2019, Rome, Italy (2019) **(εικ.28)**
- Godas Dimitrios, Kontogiannis Sotirios, Tsiouras Markos, Valsamidis Stavros, Lazaridis Themistoklis / A Sensor Based Management and Monitoring System for the Identification of Lambs Focusing on Milk Productivity Upturns / *HAICTA 2015*: 651-660 (2015)

- Herlin Anders, Brunberg Emma, Hultgren Jan, Högberg Niclas, Rydberg Anna and Skarin Anna / Animal Welfare Implications of Digital Tools for Monitoring and Management of Cattle and Sheep on Pasture / *Animals*,11(3), 829 (2021) [doi:10.3390/ani11030829]
- Farooq M. S.; Riaz S.; Abid A.; Abid K. and Naeem M. A. / A Survey on the Role of IoT in Agriculture for the Implementation of Smart Farming / *IEEE Access*, vol.7, 156237-156271 (2019) [doi:10.1109/ACCESS.2019.2949703]
- Leitner, G.; Silanikove, N.; Merin, U. / Estimate of Milk and Curd Yield Loss of Sheep and Goats with Intramammary Infection and Its Relation to the Somatic Cell Counts / *Small Ruminant Research*, 74, 221–225 [doi:10.1016/j.smallrumres.2007.02.009] (2008)
- Lovarelli Daniela, Leso Lorenzo, Bonfanti Marco, Porto Simona Maria Carmela, Barbari Matteo, Guarino Marcella / Climate change and socio-economic assessment of PLF in dairy farms: Three case studies / *Science of the Total Environment* 882 (2023) [doi:10.1016/j.scitotenv.2023.163639]
- Mellor D. J., Beausoleil N. J., Littlewood K. E., Mclean A.N., McGreevy P. D., Jones B., et al. / The 2020 five domains model: including human-animal interactions in assessments of animal welfare / *Article in Animals* (2020) [doi:10.3390/ani10101870]
- Mendel Christian / Πρακτική προβατοτροφία: εκτροφή, αναπαραγωγή, φυλές, υγιεινή, προϊόντα, νομοθεσία, Με την συνεργασία των: Hans Chiffard, Irene Faulhaber, Wolf-Dieter Graunke, κ.ά - μετάφραση Ποταμιάνου Παναγιώτα / Εκδόσεις «Βασδέκης», Αθήνα (2010)
- Mohanta Bhabendu Kumar, Jena Debasish, Satapathy Utkalika, Patnaik Srikanta / Survey on IoT security: Challenges and solution using machine learning, artificial intelligence and blockchain technology / *ScienceDirect* vol.11 (2020) [doi:10.1016/j.iot.2020.100227]
- Nóbrega Luís, Gonçalves Pedro, Pedreiras Paulo, Pereira José / An IoT - Based Solution for Intelligent Farming / *Sensors* (2019) [doi:10.3390/s19030603]
- Ntalampiras Stavros et al. / An integrated system for the acoustic monitoring of goat farms / *Ecological Informatics* 75 (2023) [doi:10.1016/j.ecoinf.2023.102043] **(εικ.25)**
- Rosa Guilherme / Grand Challenge in Precision Livestock Farming / *Frontiers in Animal Science Direct* vol.2, (2021) [doi:10.3389/fanim.2021.650324]

- Sarwar Farah & Griffin, Anthony & Rehman, Saeed & Pasang, Timotius / Detecting sheep in UAV images - Computers and Electronics in Agriculture (2021)
[doi:10.1016/j.compag.2021.106219]
- Saya S., Pee L.G., Kankanhalli A. / The impact of institutional influences on perceived technological characteristics and real options in Cloud Computing adoption / ICIS Proceedings 24 / 31st International Conference on Information Systems, St. Louis (2010)
- Schillings Juliette, Bennett Richard and Rose David Christian / Animal welfare and other ethical implications of Precision Livestock Farming technology (2021) / Precision Livestock Farming, a section of the journal Frontiers in Animal Science Front. Animal Science 2
[doi:10.3389/fanim.2021.639678]
- Schillings Juliette, Bennett Richard and Rose David Christian / Exploring the Potential of Precision Livestock Farming Technologies to Help Address Farm Animal Welfare / Front. Animal Science 2 (2021) [doi:10.3389/fanim.2021.639678]
- Sendra Sandra, Lario Ferran, Parra Lorena, Loret Jaime / Smart Wireless Sensor Network to Detect and Protect Sheep and Goats to Wolf Attacks / Article in Recent Advances in Communications and Networking Technology (2013)
[doi:10.2174/22117407112016660012] (**εικ.26**)
- Tuytens Frank, Molento Carla and Benaissa Said / Twelve Threats of Precision Livestock Farming (PLF) for Animal Welfare / Frontiers in Veterinary Science Volume 9, (2022)
[doi:10.3389/fvets.2022.889623]
- Voulodimos Athanasios, Patrikakis Charalampos, Sideridis Alexander, Ntafis Vasileios, Xylouri Eftychia / A complete farm management system based on animal identification using RFID technology / Computers and Electronics in Agriculture 70 (2010) 380–388
[doi:10.1016/j.compag.2009.07.009]
- Zanella Rettore de Araujo, Eduardo da Silva, Luiz Carlos Pessoa Albini / Security challenges to smart agriculture: Current state, key issues, and future directions / Array 8 (2020) [doi:10.1016/j.array.2020.100048]
- Zhang, Wang, Feng, Huang, Xiao, Zhang / Wearable Internet of Things enabled precision livestock farming in smart farms: A review of technical solutions for precise perception, biocompatibility, and sustainability monitoring / Journal of Cleaner Production 312 (2021)
[doi:10.1016/j.jclepro.2021.127712]

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ- ΑΡΘΟΓΡΑΦΙΑ - E-BOOKS:

- Αναστασοπούλου Σταυρούλα / Η χρήση νέων τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνιών στους τομείς της γεωργίας και της κτηνοτροφίας και τα ζητήματα ασφαλείας δεδομένων που προκύπτουν / Διπλωματική εργασία διδρυματικού προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών Πανεπιστημίου Μακεδονίας - Θεσσαλονίκη (2022)
- Γεωργούδης Ανδρέας-Ιωσήφ, Πολύζος Χρήστος, Ζέρβας Γεώργιος, Φράγκος Κωνσταντίνος, Χούσος Γεώργιος / Ζωική Παραγωγή / Β' ΕΠΑΛ / Ινστιτούτο τεχνολογίας υπολογιστών και εκδόσεων «Διόφαντος», ΟΕΔΒ (2008)
- Γιάτας Δ., Γώγουλος Γ., Κοτίνη Ι., Κυριακάκη Γ., Μωράκης Δ., Τζελέπη Σ., Φραγκονικολάκης Μ. / Συστήματα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων και Εφαρμογές τους στο Διαδίκτυο / Β' ΕΠΑΛ / Ινστιτούτο τεχνολογίας υπολογιστών και εκδόσεων «Διόφαντος», ΟΕΔΒ (2020)
- Εμμανουηλίδης Αθανάσιος / Εφαρμογές Internet of Things στον αγροτικό τομέα – Μελέτη Περιπτώσεων – Τρόποι αξιοποίησης των δεδομένων με τεχνικές machine learning και data mining / Πτυχιακή Εργασία Πανεπιστημίου Αιγαίου (2019)
- Ζυγογιάννης Γ. Δημήτριος / Προβατοτροφία / Εκδόσεις «Σύγχρονη Παιδεία», Θεσσαλονίκη (2014)
- Λάγκα Θ. Βασιλική / Αιγοπροβατοτροφία / Εκδόσεις «Σύγχρονη Παιδεία», Θεσσαλονίκη (2017)
- Μαυρίδης Ιωάννης / Ασφάλεια Πληροφοριών στο Διαδίκτυο / Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα (2015) [www.kallipos.gr]
- Μοάτσου Γκόλφω, Καμινναρίδης Στέλιος / Γαλακτοκομία / Εκδόσεις «Εμβρυο», Αθήνα (2009)
- Μπεόπουλος Νίκος, Παπαδόπουλος Απόστολος / Ερημοποίηση: ανθρώπινη απουσία και στειρότητα των τόπων / Εκδόσεις «Gutenberg» (2008)
- Παναγιωτόπουλος Αθανάσιος / Σχεδίαση Πληροφοριακού Συστήματος για Κτηνοτροφία Ακριβείας / Διπλωματική εργασία ΔΠΜΣ Πανεπιστημίου Θεσσαλίας - Λαμία (2019)
- Σκαπέτας Βασίλειος / Μηχανική Άμελξη Αιγοπροβάτων / Εκδόσεις «Σύγχρονη Παιδεία», Θεσσαλονίκη (2016)

- Στρίκος Ζήσης / Τεχνολογίες Διαδικτύου των Πραγμάτων στη γεωργία και στην κτηνοτροφία ακριβείας / Διπλωματική Εργασία του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, Κοζάνη (2022)
- Φούντας Σπύρος, Γέμτος Θεοφάνης / Γεωργία Ακριβείας / Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα (2015) [www.kallipos.gr]

ΙΣΤΟΤΟΠΟΙ:

- https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/apro_mt_lssheep/default/bar?lang=en
- https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/apro_mt_lsgoat/default/table?lang=en
- <https://www.yraithros.gr/apografi-elstat-zoikou-kefalaiou-2022-sxedon-550-ekmetalleyseis-xanontan-kathe-mina/>
- <https://www.newmoney.gr/roh/palmos-oikonomias/oikonomia/georgantas-rekor-stis-exagoges-fetas-to-2022-sta-e605-ekat-o-tziros/>
- <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/eu-member-states-join-forces-digitalisation-european-agriculture-and-rural-areas>
- <https://www.athinodromio.gr/%CE%84%CE%BF-%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CE%B4%CE%AF%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%BF-%CF%84%CF%89%CE%BD-%CF%80%CF%81%CE%B1%CE%B3%CE%BC%CE%AC%CF%84%CF%89%CE%BD/>
- <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A1%CE%BF%CE%BC%CF%80%CF%8C%CF%84>
- <https://www.inc.com/encyclopedia/robotics.html>
- <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%B9%CE%B1%CE%B4%CE%AF%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%BF-%CF%84%CF%89%CE%BD-%CF%80%CF%81%CE%B1%CE%B3%CE%BC%CE%AC%CF%84%CF%89%CE%BD>
- <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A5%CF%80%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C-%CE%BD%CE%AD%CF%86%CE%BF%CF%82>
- [Παρουσίαση του PowerPoint \(uowm.gr\)](#)

- <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%B5%CE%B3%CE%AC%CE%BB%CE%B1%CE%B4%CE%B5%CE%B4%CE%BF%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CE%B1>
- <https://studylib.net/doc/8647594/3d-data-management--controlling-data-volume--velocity--an...>
- <https://wikifarmer.com/el/%CE%BA%CE%B1%CE%B9%CE%BD%CE%BF%CF%84%CE%BF%CE%BC%CE%AF%CE%B5%CF%82-%CE%B1%CE%B3%CF%81%CE%BF%CF%84%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1%CF%82-agtech-%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BD-%CE%BA/>
- <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%B7%CF%84%CE%AE%CE%BD%CE%BF%CE%B7%CE%BC%CE%BF%CF%83%CF%8D%CE%BD%CE%B7>
- [kodiko synthma aigo050917.pdf](kodiko_synthma_aigo050917.pdf)
- <https://www.agroclica.gr/blog/240/parakolouthisi-zoikou-kefalaiou-meso-radiosyxnotiton>
- <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%B9%CF%83%CE%B8%CE%B7%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B1%CF%82>
- <https://www.agroclica.gr/wiki/119/ktinotrofia/115/eufihs-georgia-stin-ktinotrofia>
- <https://www.vpaitiros.gr/exipna-kolara-stin-ipiresia-ton-ktinotrofon/>
- [Global Positioning System - Βικιπαίδεια \(wikipedia.org\)](Global Positioning System - Βικιπαίδεια (wikipedia.org))
- <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%B7%CE%B5%CF%80%CE%B1%CE%BD%CE%B4%CF%81%CF%89%CE%BC%CE%AD%CE%BD%CE%BF%CE%B1%CE%B5%CF%81%CF%8C%CF%87%CE%B7%CE%BC%CE%B1>
- <https://www.lely.com/gr/>
- <https://ts2.space/el/%CE%BF%CE%B9-%CE%B4%CF%85%CE%BD%CE%B1%CF%84%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B5%CF%82-%CF%84%CE%B7%CF%82-%CE%B3%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%B3%CE%AF%CE%B1%CF%82-%CE%B1%CE%BA%CF%81%CE%B9%CE%B2%CE%B5%CE%AF%CE%B1/>

- <https://www.dairynews.gr/2023/12/17/%CE%BA%CF%84%CE%B7%CE%BD%CE%BF%CF%84%CF%81%CE%BF%CF%86%CE%AF%CE%B1-%CE%B1%CE%BA%CF%81%CE%B9%CE%B2%CE%B5%CE%AF%CE%B1%CF%82-%CE%B5%CF%86%CE%B1%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%B3%CE%AD%CF%82-%CF%84%CE%B7%CF%82/>
- <http://www.enosiagroton.gr/pages/newtech4rum>
- https://food.ec.europa.eu/animals/animal-welfare_el
- https://food.ec.europa.eu/system/files/2023-01/aw_eval_revision_iaa_food-labelling.pdf

ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ:

- 1) <https://www.gaiasergon.gr/our-work/sheep-goat-farming-unit/> (εικ. 1)
- 2) https://www.researchgate.net/figure/Precision-livestock-farming-solutions-for-small-ruminants-a-Generalized-scheme_fig1_343321896 (εικ. 3)
- 3) https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-35751-0_9 (εικ. 4)
- 4) <https://www.diorismos.gr/epixeirhmatikothta/24867/oi-suskeues-iot-tha-kseperasoun-se-arithmo-ta-kinhta-thlefwna-to-2018> (εικ. 5)
- 5) https://www.researchgate.net/figure/Five-Layer-IoT-Architecture_fig1_324797771 (εικ. 6)
- 6) https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A5%CF%80%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CF%8C_%CE%BD%CE%AD%CF%86%CE%BF%CF%82 (εικ. 7)
- 7) <https://www.turningcloud.com/blog/cloud-deployment-models/> (εικ. 8)
- 8) <https://itoutposts.com/blog/iaas-vs-paas-vs-saas-whats-the-difference/> (εικ. 9)
- 9) <https://medium.com/@erpinformation/what-is-database-management-system-dbms-6-advantages-a3904e8f9989> (εικ. 10)
- 10) <https://nowmag.gr/big-data/> (εικ. 11)
- 11) <https://developer.ibm.com/articles/an-introduction-to-deep-learning/> (εικ. 12)

- 12) https://www.minagric.gr/images/stories/docs/agrotis/Aigoprobata/kodiko_sythma_aig_o050917 (εικ. 13)
- 13) <https://agromarket.gr/product/xrs2i-eid-stick-reader/> (εικ. 14)
- 14) <https://www.ypaithros.gr/ilektroniki-simansi-zoon-xrisimo-ergaleio-pou-skouriazai/>
(εικ. 15)
- 15) <https://www.tsokanos.gr/Products2/GR/Proionta//0008/000151/0/0/004430/eisagogeas-ilektronikon-volon-me-antallaximi-kefali-20-gr> (εικ. 16)
- 16) <https://solution.murata.com/en-global/service/rfid-solution/basic/> (εικ. 17)
- 17) <https://components101.com/article/different-types-of-sensors-and-sensing-technologies>
(εικ. 18)
- 18) https://autoleaders.gr/product/tk806_gps_fol_animal/ (εικ. 19)
- 19) <https://www.protagon.gr/themata/ta-drones-se-rolo-tsopanoskylou-44341802250>
(εικ. 20)
- 20) <https://newatlas.com/robotics/robot-dog-spot-boston-dynamics-rocos-new-zealand-farm/> (εικ. 21)
- 21) <https://www.lely.com/media/lely-centers> (εικ. 22 και 23)
- 22) <https://smartplatform.network/walk-over-weighing-wow/> (εικ. 24)
- 23) <http://www.enosiagroton.gr/pages/newtech4rum> (εικ. 27)