

Σφαγιοτεχνικές εγκαταστάσεις
Μετάβαση από το Σύστημα HACCP στο HACCP-AI



Βασίλειος Τσουκαλάς – δρ. Χημείας τροφίμων (TU-Munich)

ΟΚΤ. 2026

Mobile : +30 6944861418 - qualitec46@gmail.com – qualitek4649@gmail.com

Σαλμονέλλα : Ανίχνευση στη Γραμμή Παραγωγής Σφαγιοτεχνικής εγκατάστασης – Προγνωστική – Μικροβιολογική μοντελοποίηση

Ένα εικονογραφημένο σενάριο και ερμηνεία των διαδικασιών για την ανίχνευση και πρόβλεψη κινδύνου Σαλμονέλλας (*Salmonella* spp.) σε αυτοματοποιημένη γραμμή επεξεργασίας σπληνίου (βόειου σφάγιου) , χρησιμοποιώντας τη συνέργεια Καμερας (-ών), Τεχνητής νοημοσύνης - AI .

Αποποίηση ευθύνης

Η εργασία αυτή έχει αποκλειστικά ενημερωτικό χαρακτήρα και δεν αποτελεί πρόταση εφαρμογής. Τυχόν υιοθέτηση και εφαρμογή στοιχείων της επαφίεται αποκλειστικά στον αναγνώστη. Ενδέχεται να περιέχει λάθη και ο συντάκτης δεν εκφράζει κατ'ανάγκη αποδοχή των επιστημονικών / τεχνολογικών θέσεων των χρησιμοποιούμενων πηγών πληροφόρησης.

Απόσπασμα από την εργασία :

Εισαγωγή στην Αρχιτεκτονική και την Εφαρμογή σύγχρονων τεχνολογιών Τεχνητής Νοημοσύνης (AI) και “έξυπνων” Αισθητήρων
Βελτίωση λειτουργίας και αποτελέσματος

Βιβλιογραφική/ διαδίκτυακή έρευνα

(Ανίχνευση Σαλμονέλλας στη Γραμμή Παραγωγής)

Η Σαλμονέλλα δεν είναι ορατή με γυμνό μάτι, ούτε σχηματίζει αποικίες ικανές να φανούν σε μια απλή κάμερα RGB* κατά τη ροή της παραγωγής. Εδώ επιστρατεύεται η συνδυαστική τεχνολογία.

Εικόνα 1 – περιγραφή των επι μέρους διαδικασιών

ΣΦΑΓΕΙΟΤΕΧΝΙΚΗ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ: ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΣΑΛΜΟΝΕΛΑΣ - ΒΗΜΑ 1: ΣΑΡΩΣΗ (DATA ACQUISITION)

Προς την επόμενη φάση (Κίνδυνος) Γραμμή Μεταφοράς Σφαγίων Σφάγιο Βοοειδούς



Σάρωση στον Θάλαμο Αισθητήρων (Data Acquisition)– περιγραφή (βήμα 1) : Καθώς το σφάγιο κινείται πάνω στον ιμάντα, περνά από τον θάλαμο ελέγχου, όπου λειτουργούν ταυτόχρονα δύο εξειδικευμένες κάμερες . Η **Υπερφασματική Κάμερα** (Hyperspectral Imaging - HSI) “σκανάρει” στα μήκη κύματος του εγγύς υπέρυθρου (NIR, 900–1700 nm). Εντοπίζει ένα μικροσκοπικό, αόρατο στο

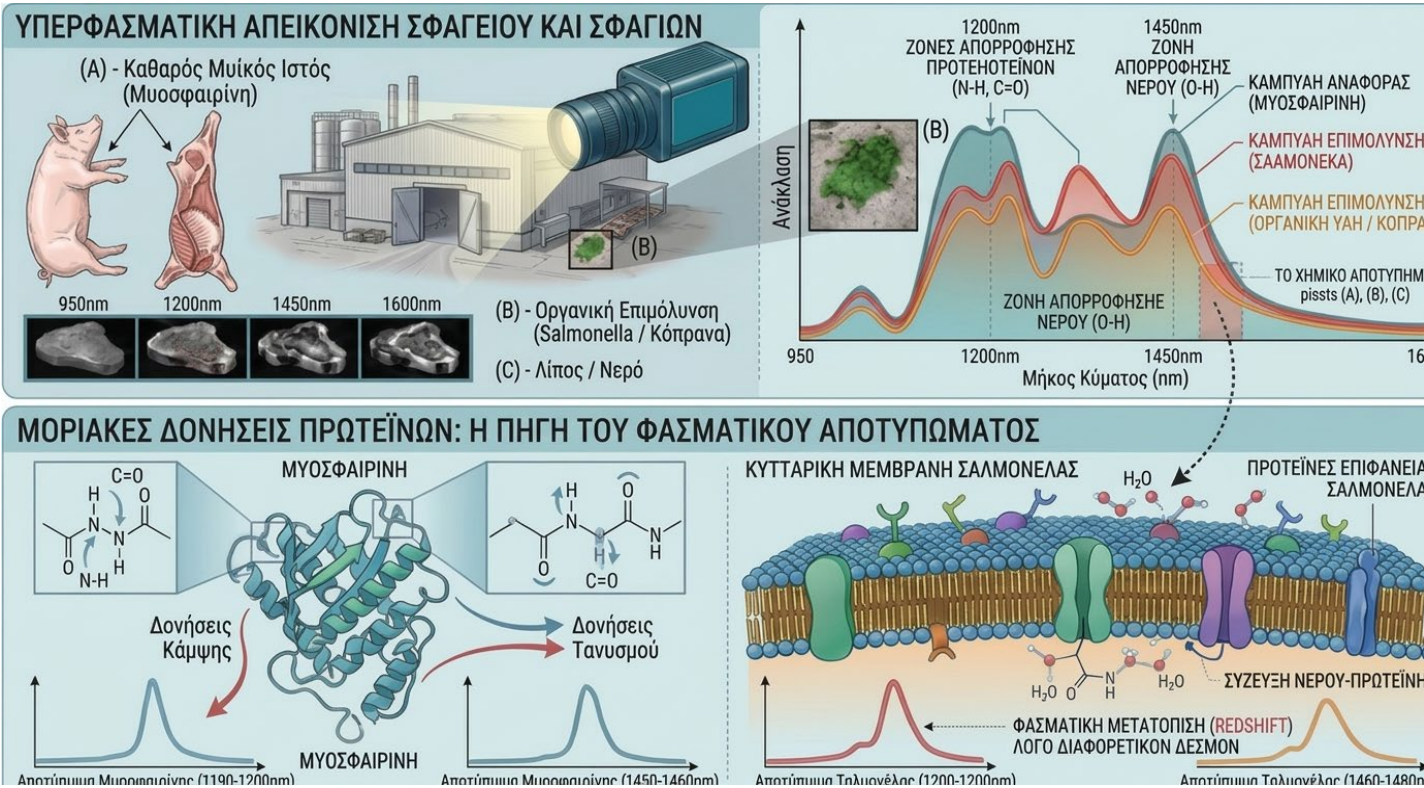
Αποποίηση ευθύνης

Η εργασία αυτή έχει αποκλειστικά ενημερωτικό χαρακτήρα και δεν αποτελεί πρόταση εφαρμογής. Τυχόν υιοθέτηση και εφαρμογή στοιχείων της επαφίεται αποκλειστικά στον αναγνώστη. Ενδέχεται να περιέχει λάθη και ο συντάκτης δεν εκφράζει κατ’ανάγκη αποδοχή των επιστημονικών / τεχνολογικών θέσεων των χρησιμοποιούμενων πηγών πληροφόρησης.

μάτι, υπόλειμμα οργανικού υλικού . Η Υπερφασματική κάμερα αναγνωρίζει το «χημικό αποτύπωμα» των πρωτεϊνών και του νερού αυτού του ξένου σώματος. Παράδειγμα κατανόησης : βλ. εκόνα -1

Σημ. : διόρθωση στις εκόνες και στο κείμενο – όπου Σαλμονέλα με Σαλμονέλλα

Εικόνα 2-



Η Θερμική Κάμερα (Thermal Imaging) καταγράφει τη θερμική ακτινοβολία στην επιφάνεια του σφάγιου και εντοπίζει μια μικρή «**θερμή κηλίδα**» (*thermal anomaly*) τοπικά στο σημείο εκείνο, καθώς το σφάγιο δεν έχει προλάβει να ψυχθεί ομοιόμορφα ή επειδή η παρουσία υγρασίας/οργανικού υλικού αλλοιώνει την τοπική θερμοκρασία.

Επεξεργασία από το AI - Μοντέλο Πρόβλεψης Κινδύνου

Τα δεδομένα των δύο καμερών (φάσμα + θερμοκρασία) αποστέλλονται ακαριαία στο μοντέλο τεχνητής νοημοσύνης (π.χ. ένα Συνελκτικό Νευρωνικό Δίκτυο (Convolutional Neural Network - CNN)), που είναι συνδυασμένο με ένα αλγόριθμο **Προγνωστικής Μικροβιολογίας** (*Predictive Microbiology*).

Αποποίηση ευθύνης

Η εργασία αυτή έχει αποκλειστικά ενημερωτικό χαρακτήρα και δεν αποτελεί πρόταση εφαρμογής. Τυχόν υιοθέτηση και εφαρμογή στοιχείων της επαφίεται αποκλειστικά στον αναγνώστη. Ενδέχεται να περιέχει λάθη και ο συντάκτης δεν εκφράζει κατ'ανάγκη αποδοχή των επιστημονικών / τεχνολογικών θέσεων των χρησιμοποιούμενων πηγών πληροφόρησης.

Η **AI** συνδυάζει την εικόνα HSI- **Hyperspectral Imaging** (οργανική επιμόλυνση) και τη **Θερμική εικόνα** (ιδανική θερμοκρασία για ανάπτυξη βακτηρίων) (*Σύνθεση - Data Fusion*).

Το σύστημα “τραβάει” δεδομένα της εγκατάστασης – σφαγείο : «*Το pH του κρέατος είναι 6.2 (ιδανικό για ανάπτυξη Σαλμονέλας)* .

Το μοντέλο υπολογίζει ότι η πιθανότητα το συγκεκριμένο σημείο να αναπτύξει αποικία Σαλμονέλας άνω του επιτρεπτού ορίου μέσα στις επόμενες 24 ώρες είναι 89% (HIGH RISK). Η Πρόβλεψη (Risk Scoring):

Η συγκεκριμένη οθόνη ελέγχου αποτυπώνει την **Επεξεργασία από το Μοντέλο AI Πρόβλεψης Κινδύνου**, όπου η ψηφιακή ευφυΐα της εγκατάστασης αναλύει και συνθέτει όλα τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο για την πρόβλεψη παρουσίας της Σαλμονέλας.

Η ροή της διαδικασίας εξελίσσεται γραμμικά σε τρία κύρια στάδια:

1. Εισαγωγή Δεδομένων (Input)

Η διαδικασία ξεκινά με την άμεση ψηφιακή τροφοδοσία του συστήματος από τον θάλαμο των αισθητήρων:

- **Φασματικά Δεδομένα HSI:** Στο επάνω μέρος εμφανίζεται η **υπερφασματική χαρτογράφηση**. Το σύστημα αναλύει το μοριακό αποτύπωμα (**DNA/RNA**) στα μήκη κύματος 900–1700 nm, απομονώνοντας την “υπογραφή” της Σαλμονέλας από τον υγιή ιστό.
- **Θερμικά Δεδομένα:** Στο κάτω μέρος καταγράφεται η **θερμική ακτινοβολία της επιφάνειας**, εντοπίζοντας τη **θερμική ανωμαλία** (κόκκινη/κίτρινη εστία) , που **ευνοεί την ανάπτυξη παθογόνων**.

2. Σύνθεση & Διασταύρωση (Data Fusion & Cross-Reference) — (Κέντρο)

Στο κέντρο της οθόνης, η Τεχνητή νοημοσύνη (AI) αναλαμβάνει τον ρόλο του «εγκεφάλου» , που **συνδέει τη θεωρία με την τρέχουσα πραγματικότητα της εγκατάστασης** : ειδικότερα ,

- το **Μοντέλο Τεχνητής Νοημοσύνης (CNN)**: Τα **φασματικά και θερμικά δεδομένα** περνούν μέσα από ένα **Συνελικτικό Νευρωνικό Δίκτυο (Convolutional Neural Network)** και έναν **εξελιγμένο Αλγόριθμο προγνωστικής μικροβιολογίας**.

Η AI διασταυρώνει την εικόνα με τρεις κρίσιμους βιολογικούς και δυναμικούς δείκτες (*παράμετροι της εγκατάστασης*) :

- Το pH του κρέατος (6.2), το οποίο χαρακτηρίζεται ως δυνητικά επικίνδυνο καθώς αποτελεί **ιδανικό περιβάλλον για τα βακτήρια**.

Αποποίηση ευθύνης

Η εργασία αυτή έχει αποκλειστικά ενημερωτικό χαρακτήρα και δεν αποτελεί πρόταση εφαρμογής. Τυχόν υιοθέτηση και εφαρμογή στοιχείων της επαφίεται αποκλειστικά στον αναγνώστη. Ενδέχεται να περιέχει λάθη και ο συντάκτης δεν εκφράζει κατ'ανάγκη αποδοχή των επιστημονικών / τεχνολογικών θέσεων των χρησιμοποιούμενων πηγών πληροφόρησης.

- Τα στατιστικά του προμηθευτή (2%) σε θετικά δείγματα (ιστορικό)
- τον χρόνο στη γραμμή (12 λεπτά), που μετρά πόση ώρα το σφάγιο βρίσκεται εκτός ελεγχόμενης ψύξης.

3. Πρόβλεψη (Risk Scoring) — (Δεξιά Πλευρά)

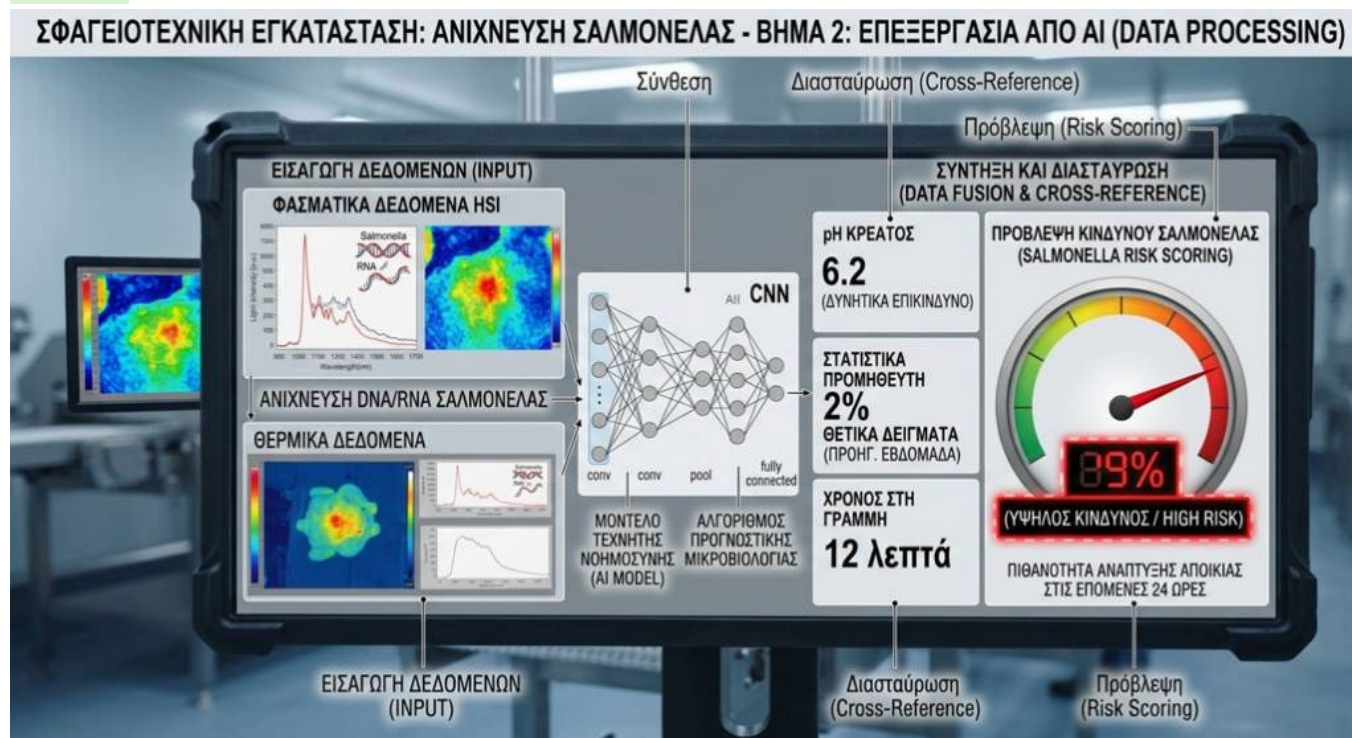
Η διαδικασία ολοκληρώνεται με την εξαγωγή του τελικού συμπεράσματος και τη λήψη απόφασης:

Εκτίμηση κινδύνου σαλμονέλλας (Salmonella Risk Scoring): Ένα δυναμικό, κυκλικό πολύχρωμο ρολόϊ (από το πράσινο έως το κόκκινο) δείχνει ότι ο δείκτης έχει χτυπήσει «κόκκινο».

Το σύστημα υπολογίζει με ακρίβεια **89% πιθανότητα ανάπτυξης αποικίας Σαλμονέλλας** μέσα στις επόμενες 24 ώρες (Αποτέλεσμα εκτίμησης κινδύνου)

Η ένδειξη **ΥΨΗΛΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ / (HIGH RISK)** (αναβοσβήνει στην οθόνη), δίνοντας το πράσινο φως για την άμεση ενεργοποίηση των ρομποτικών βραχιόνων του επόμενου βήματος (απολύμανση ή εκτροπή) (Ένδειξη Συναγερμού).

Εικόνα-3



Αποποίηση ευθύνης

Η εργασία αυτή έχει αποκλειστικά ενημερωτικό χαρακτήρα και δεν αποτελεί πρόταση εφαρμογής. Τυχόν υιοθέτηση και εφαρμογή στοιχείων της επαφίεται αποκλειστικά στον αναγνώστη. Ενδέχεται να περιέχει λάθη και ο συντάκτης δεν εκφράζει κατ'ανάγκη αποδοχή των επιστημονικών / τεχνολογικών θέσεων των χρησιμοποιούμενων πηγών πληροφόρησης.

Το pH 6.2: Επηρεάζει Μαθηματικά τον Αλγόριθμο Προγνωστικής Μικροβιολογίας

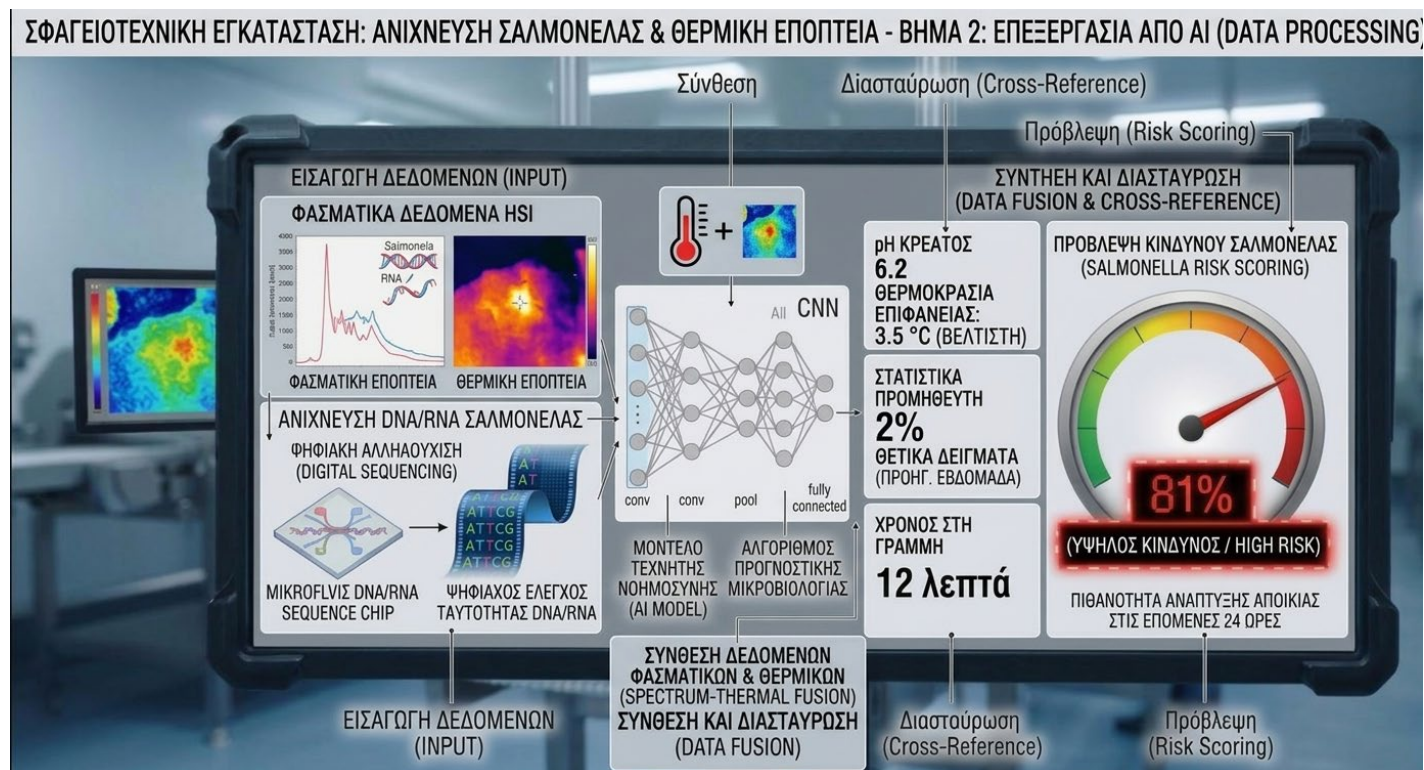
Η τιμή pH 6.2. Για την τεχνητή νοημοσύνη (AI), αυτός ο αριθμός δεν είναι απλώς μια ένδειξη, αλλά μια βασική μεταβλητή σε ένα μη γραμμικό μαθηματικό μοντέλο (συνήθως βασισμένο στις εξισώσεις των Baranyi και Roberts ή Ratkowsky):

Τα βακτήρια της Σαλμονέλλας έχουν συγκεκριμένα όρια ανάπτυξης (ελάχιστο pH ~4.5, βέλτιστο 6.5–7.5, μέγιστο ~9.0). Η τιμή 6.2 βρίσκεται πολύ κοντά στο «βέλτιστο» (optimal) σημείο (Cardinal Μοντελοποιητής)

Ο αλγόριθμος υπολογίζει τον μέγιστο ειδικό ρυθμό ανάπτυξης του βακτηρίου. Όταν το pH πέφτει προς το 5.0, ο αλγόριθμος εφαρμόζει έναν «συντελεστή μείωσης». Στο pH 6.2, ο συντελεστής αυτός αγγίζει σχεδόν το 1.0 (μέγιστη ταχύτητα αναπαραγωγής) (Πολλαπλασιαστής Ρυθμού Ανάπτυξης (λ_{mu_max})).

Η AI υπολογίζει τον χρόνο προσαρμογής των βακτηρίων (lag phase). Με pH 6.2 και το κρέας εκτός ψύξης για 12 λεπτά, το μοντέλο «καταλαβαίνει» ότι τα βακτήρια έχουν ήδη περάσει στην εκθετική φάση ανάπτυξης (log phase). Αυτός ο συνδυασμός εκτινάσσει το Risk Scoring στο 89% (Συνδυασμός με τον Χρόνο (12 λεπτά)).

Εικόνα 4



Αποποίηση ευθύνης

Η εργασία αυτή έχει αποκλειστικά ενημερωτικό χαρακτήρα και δεν αποτελεί πρόταση εφαρμογής. Τυχόν υιοθέτηση και εφαρμογή στοιχείων της επαφίεται αποκλειστικά στον αναγνώστη. Ενδέχεται να περιέχει λάθη και ο συντάκτης δεν εκφράζει κατ'ανάγκη αποδοχή των επιστημονικών / τεχνολογικών θέσεων των χρησιμοποιούμενων πηγών πληροφόρησης.

Και σ'αυτή την οθόνη ελέγχου αποτυπώνεται η Επεξεργασία από την Τεχνητή Νοημοσύνη (εργαλεία)- AI (Επεξεργασία δεδομένων), με ενσωματωμένο ένα πλήρες , υβριδικό σύστημα ψηφιακής και μοριακής ανίχνευσης Σαλμονέλλας (επανάληψη εμπέδωσης) .

Η διαδικασία εξελίσσεται γραμμικά και συνδέει τα μοριακά δεδομένα με την αυτοματοποιημένη λήψη αποφάσεων. Ειδικότερα ,

1. Η Ψηφιακή & Μοριακή Εισαγωγή (Input)

Στην ενότητα ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (INPUT) γίνεται μια πολυδιάστατη σάρωση του σφάγιου. Το σύστημα αναλύει τρία επίπεδα πληροφορίας:

- **Φασματικά Δεδομένα HSI:** Η υπερφασματική κάμερα σκανάρει την επιφάνεια του κρέατος, καταγράφοντας τη **χημική σύσταση** και την **υγρασία**.
- **Ανίχνευση DNA/RNA Σαλμονέλλας** και στοχεύει απευθείας στο γενετικό υλικό του παθογόνου. Η οθόνη δείχνει το **Microfluidic DNA/RNA Sequence Chip**, έναν **μικρορευστονικό αισθητήρα*** που τρέχει μια ακαριαία, ψηφιακή αλληλούχηση (Digital Sequencing). Η αλληλουχία βάσεων (ATTCG...) μετατρέπεται σε ψηφιακό κώδικα, προσφέροντας στο σύστημα την ακριβή μοριακή ταυτότητα της Σαλμονέλλας .

* Ο **μικρορευστονικός αισθητήρας (Microfluidic Biosensor)**, γνωστός στη βιοεπιστήμη και ως "**Lab-on-a-Chip**" (**Εργαστήριο σε ένα Μικροτσίπ**), είναι η τεχνολογική αιχμή που επιτρέπει την αυτοματοποιημένη μοριακή ανάλυση απευθείας πάνω στη γραμμή παραγωγής του σφαγείου.

Αντί για τις "κλασικές" εργαστηριακές αναλύσεις, που απαιτούν εξοπλισμό, και χρόνο ο μικρορευστονικός αισθητήρας ενσωματώνει όλες αυτές τις λειτουργίες σε ένα **πλαστικό ή γυάλινο τσιπ μεγέθους λίγων εκατοστών**.

- **Ο Αλγόριθμος Προγνωστικής Μικροβιολογίας:** Η AI διασταυρώνει το γενετικό αποτύπωμα με τις ζωντανές συνθήκες του σφαγείου: το pH του κρέατος (6.2) που είναι ιδανικό για την ανάπτυξη της Σαλμονέλλας, τα στατιστικά του προμηθευτή (2%) και τον χρόνο εκτός ψύξης (12 λεπτά).

3. Η Πρόβλεψη Κινδύνου (Risk Scoring) (Δεξιά Πλευρά)

Η διαδικασία ολοκληρώνεται με την έκδοση της τελικής εκτίμησης – αξιολόγησης από το σύστημα:

- **Ο κυκλικός μετρητής** έχει ξεπεράσει κάθε ασφαλές όριο και έχει καρφωθεί στην κόκκινη ζώνη και το μοντέλο υπολογίζει με ακρίβεια (89%) την πιθανότητα ανάπτυξης αποικίας Σαλμονέλλας μέσα στο επόμενο εικοσιτετράωρο. (Salmonella Risk Scoring)

Αποποίηση ευθύνης

Η εργασία αυτή έχει αποκλειστικά ενημερωτικό χαρακτήρα και δεν αποτελεί πρόταση εφαρμογής. Τυχόν υιοθέτηση και εφαρμογή στοιχείων της επαφίεται αποκλειστικά στον αναγνώστη. Ενδέχεται να περιέχει λάθη και ο συντάκτης δεν εκφράζει κατ'ανάγκη αποδοχή των επιστημονικών / τεχνολογικών θέσεων των χρησιμοποιούμενων πηγών πληροφόρησης.

- Η σήμανση **ΥΨΗΛΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ / HIGH RISK** (αναβοσβήνει), δίνοντας άμεσα την ψηφιακή εντολή στους ρομποτικούς βραχίονες της γραμμής παραγωγής για την άμεση φυσική εκτροπή του σφάγιου προς τη γραμμή καραντίνας (εντολή ενέργειας).

Η διασύνδεση του μικρορευστονικού αισθητήρα (*Sequence Chip*) με το νευρωνικό δίκτυο και η αυτόματη ενσωμάτωση των δεδομένων στο HACCP αποτελούν τη ραχοκοκαλιά της σύγχρονης, ψηφιοποιημένης ασφάλειας στην σφαγιοτεχνική εγκατάσταση .

Η πρόκληση στη γραμμή παραγωγής είναι η ταχύτητα. Η “κλασική” αλληλούχηση DNA απαιτεί ημέρες. Το **Microfluidic Sequence Chip** που προστέθηκε λειτουργεί ως αισθητήρας Edge-NGS (*Next-Generation Sequencing*) και επιτυγχάνει την μεταφορά δεδομένων σε χιλιοστά του δευτερολέπτου μέσω της εξής ροής .

Το **τσιπ** χρησιμοποιεί μικροκανάλια στα οποία είναι **ενσωματωμένα ειδικά αντιδραστήρια**. Όταν το DNA/RNA της Σαλμονέλας έρθει σε επαφή με το τσιπ, η υβριδοποίηση των βάσεων (A-T, C-G) προκαλεί μια ελάχιστη μεταβολή στο ηλεκτρικό ρεύμα ή στην οπτική πυκνότητα του τσιπ Ηλεκτροχημική Ανίχνευση (Biosensors). Αυτή η βιολογική αντίδραση μετατρέπεται αμέσως σε μια σειρά από bit (0 και 1), παράγοντας έναν δυαδικό κώδικα που αντιπροσωπεύει τη γενετική αλληλουχία [Μετατροπέας Αναλογικού σε Ψηφιακό (ADC)]

Αντί τα δεδομένα να αποθηκευτούν σε αρχείο, το τσιπ είναι συνδεδεμένο μέσω πρωτοκόλλου υψηλής ταχύτητας (π.χ. PCIe ή MQTT) απευθείας με τα πρώτα επίπεδα (conv layers) του CNN. Το δίκτυο δέχεται τον κώδικα ως επιπλέον «κανάλι» πληροφορίας , εκτελώντας την ταξινόμηση ακαριαία [Απευθείας Τροφοδοσία (Direct API Input) στο CNN].

Η εμβάθυνση σε αυτούς τους δύο τομείς δείχνει πώς η ψηφιακή πρόβλεψη μετατρέπεται σε άμεση βιομηχανική πράξη και ασφάλεια.

Το pH (6.2) επηρεάζει μαθηματικά τον Αλγόριθμο Προγνωστικής Μικροβιολογίας

Για την AI, τιμή pH 6.2 δεν είναι απλώς μια ένδειξη, αλλά μια βασική μεταβλητή σε ένα μη γραμμικό μαθηματικό μοντέλο (συνήθως βασισμένο στις εξισώσεις των *Baranyi και Roberts* ή *Ratkowsky*)

Τα βακτήρια της Σαλμονέλας έχουν συγκεκριμένα όρια ανάπτυξης (ελάχιστο pH ~4.5, βέλτιστο 6.5–7.5, μέγιστο ~9.0). Η τιμή 6.2 βρίσκεται πολύ κοντά στο «βέλτιστο» (optimal) σημείο. (*Cardinal Μοντελοποίησης*)

Ο αλγόριθμος υπολογίζει τον μέγιστο ειδικό ρυθμό ανάπτυξης του βακτηρίου. Όταν το pH πέφτει προς το 5.0, ο αλγόριθμος εφαρμόζει έναν «συντελεστή μείωσης». Στο pH 6.2, ο συντελεστής αυτός

Αποποίηση ευθύνης

Η εργασία αυτή έχει αποκλειστικά ενημερωτικό χαρακτήρα και δεν αποτελεί πρόταση εφαρμογής. Τυχόν υιοθέτηση και εφαρμογή στοιχείων της επαφίεται αποκλειστικά στον αναγνώστη. Ενδέχεται να περιέχει λάθη και ο συντάκτης δεν εκφράζει κατ'ανάγκη αποδοχή των επιστημονικών / τεχνολογικών θέσεων των χρησιμοποιούμενων πηγών πληροφόρησης.

αγγίζει σχεδόν το 1.0 (μέγιστη ταχύτητα αναπαραγωγής). [Πολλαπλασιαστικής Ρυθμού Ανάπτυξης ($\mu_{\max}$)].

Η ΑΙ υπολογίζει τον χρόνο προσαρμογής των βακτηρίων (lag phase). Με pH 6.2 και το κρέας εκτός ψύξης για 12 λεπτά, το μοντέλο «καταλαβαίνει» ότι τα βακτήρια έχουν ήδη περάσει στην εκθετική φάση ανάπτυξης (log phase). Αυτός ο συνδυασμός εκτινάσσει το Risk Scoring στο 89%. [Συνδυασμός με τον Χρόνο (12 λεπτά)].

Εικόνα 5 (ειδικότερη προσέγγιση)



Αποποίηση ευθύνης

Η εργασία αυτή έχει αποκλειστικά ενημερωτικό χαρακτήρα και δεν αποτελεί πρόταση εφαρμογής. Τυχόν υιοθέτηση και εφαρμογή στοιχείων της επαφίεται αποκλειστικά στον αναγνώστη. Ενδέχεται να περιέχει λάθη και ο συντάκτης δεν εκφράζει κατ'ανάγκη αποδοχή των επιστημονικών / τεχνολογικών θέσεων των χρησιμοποιούμενων πηγών πληροφόρησης.

ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΟΝΙΔΙΩΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΗΛΟΥΧΙΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΙΧΝΕΥΣΗΣ ΠΑΘΟΓΟΝΩΝ

Το διάγραμμα παρουσιάζει ένα ολοκληρωμένο ψηφιακό οικοσύστημα επιτήρησης της ασφάλειας των τροφίμων και της δημόσιας υγείας σε μοριακό επίπεδο, συνδυάζοντας ειδικότερα τη γενετική ανάλυση (DNA/RNA) με μοντέλα Τεχνητής Νοημοσύνης (TN). Η δομή της εικόνας αναλύεται αφηγηματικά σε τρία οριζόντια επίπεδα και τρεις κάθετες υποενότητες:

1. Κεντρικός Τίτλος και Εισαγωγικό Πλαίσιο (Ανώτατο Επίπεδο)

Στην κορυφή του διαγράμματος ορίζεται το επιστημονικό αντικείμενο με τον τίτλο «**ΓΟΝΙΔΙΩΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΗΛΟΥΧΙΣΗ – ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΠΑΘΟΓΟΝΩΝ (ΜΟΡΙΑΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ)**».

- Ακριβώς από κάτω, ένα ενιαίο οριζόντιο πλαίσιο καθορίζει τον άμεσο στόχο της μεθοδολογίας: «**ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΠΑΘΟΓΟΝΩΝ ΜΕ ΑΝΑΛΥΣΗ DNA ή RNA**».
- Η ενότητα πλαισιώνεται από δύο γραφικά σύμβολα: αριστερά απεικονίζεται μια τρισδιάστατη έλικα γενετικού υλικού και δεξιά ένας μεγεθυντικός φακός, που εστιάζει σε έναν μικροβιακό οργανισμό, υποδηλώνοντας τη μετάβαση από τη μακροσκοπική παρατήρηση στη μικροσκοπική/μοριακή ανάλυση.

2. Κεντρικός Άξονας Εφαρμογών (Μεσαίο Επίπεδο)

Το κέντρο του διαγράμματος καταλαμβάνει η ενότητα «**ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ**», η οποία υποστηρίζεται από την υπολογιστική καρδιά του συστήματος: την «**ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ ΑΛΛΗΛΟΥΧΙΣΗΣ ΒΑΣΙΣΜΕΝΗ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ (TN)**».

- Αναπαρίσταται ως ένας κεντρικός βιομηχανικός διακομιστής (server), που εσωκλείει τρία παράλληλα **επίπεδα επεξεργασίας νευρωνικών δικτύων** (απεικονίζονται με ψηφιακούς εγκεφάλους και κυκλώματα).
- Η πλατφόρμα επεξεργάζεται τα δεδομένα και παράγει δύο κύρια οπτικά αποτελέσματα:
 - Ανίχνευση Ειδών και Παραλλαγών:** Μια ψηφιακή λίστα ελέγχου (checklist) με πράσινες ενδείξεις έγκρισης (✓) και μια κόκκινη ένδειξη απόρριψης (✗), που συμβολίζει τον διαχωρισμό των ασφαλών μικροοργανισμών από τις επικίνδυνες μεταλλάξεις.
 - Εντοπισμός Λοιμογόνων Στελεχών:** Ένα δυναμικό διάγραμμα γραμμής (κυματομορφή) με τίτλο «RENHHAN» και τιμή «0.25M», το οποίο καταγράφει τις φασματικές ή μοριακές κορυφές (peaks) που αντιστοιχούν στην παρουσία ενεργού παθογόνου φορτίου.

Αποποίηση ευθύνης

Η εργασία αυτή έχει αποκλειστικά ενημερωτικό χαρακτήρα και δεν αποτελεί πρόταση εφαρμογής. Τυχόν υιοθέτηση και εφαρμογή στοιχείων της επαφίεται αποκλειστικά στον αναγνώστη. Ενδέχεται να περιέχει λάθη και ο συντάκτης δεν εκφράζει κατ'ανάγκη αποδοχή των επιστημονικών / τεχνολογικών θέσεων των χρησιμοποιούμενων πηγών πληροφόρησης.

3. Ανάλυση των Επιμέρους Υποενοτήτων (Κάτω Επίπεδο)

A. Υποενότητα: Ταυτοποίηση Παθογόνων (Αριστερή πλευρά)

Η ενότητα «**ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΑΘΟΓΟΝΩΝ**» εστιάζει στις πηγές λήψης των δειγμάτων εισόδου, οι οποίες τροφοδοτούν τον εργαστηριακό εξοπλισμό:

- **Δείγματα από Σφάγια:** Έλεγχος προϊόντων ζωικής προέλευσης στη γραμμή παραγωγής.
- **Εξοπλισμός:** Έλεγχος των βιομηχανικών εργαλείων κοπής για την αποφυγή διασταυρούμενης επιμόλυνσης.
- **Λύματα:** Επιδημιολογική επιτήρηση των υγρών αποβλήτων της εγκατάστασης.
- **Συνοπτικό Πλαίσιο:** Στη βάση αυτής της πλευράς, ένα κείμενο κωδικοποιεί τις ενέργειες: «- Επεξεργασία δειγμάτων (σφάγια, εξοπλισμός, λύματα), - Ανίχνευση ειδών και παραλλαγών, - Εντοπισμός λοιμογόνων στελεχών».

B. Υποενότητα: Ανίχνευση Πηγών Μόλυνσης (Δεξιά Πλευρά)

Η ενότητα «**ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΠΗΓΩΝ ΜΟΛΥΝΣΗΣ**» αναλύει την ιχνηλασιμότητα και τον προσδιορισμό της ρίζας του προβλήματος, χωρισμένη σε δύο άξονες:

- **Μολυσμένα Κοπάδια:** Απεικονίζει ένα βοοειδές (αγελάδα) με ένα πράσινο βέλος προς την «Ανίχνευση Πηγής», δείχνοντας πώς η **γονιδιωματική ανάλυση** μπορεί να εντοπίσει αν η μόλυνση ξεκίνησε από το ζωντανό ζωικό κεφάλαιο στη φάρμα.
- **Ανεπαρκή Πρωτόκολλα Καθαρισμού:** Απεικονίζει ένα καρότσι καθαρισμού με κουβά και σφουγγαρίστρα, το οποίο οδηγεί σε μια απολυμασμένη επιφάνεια, υπογραμμίζοντας ότι η αποτυχία στην τήρηση των κανόνων υγιεινής των εγκαταστάσεων αποτελεί τη δεύτερη κύρια πηγή κινδύνου.

Γ. Υποενότητα: Αναγνώριση Πρότυπων (Κάτω Κεντρικό Τμήμα)

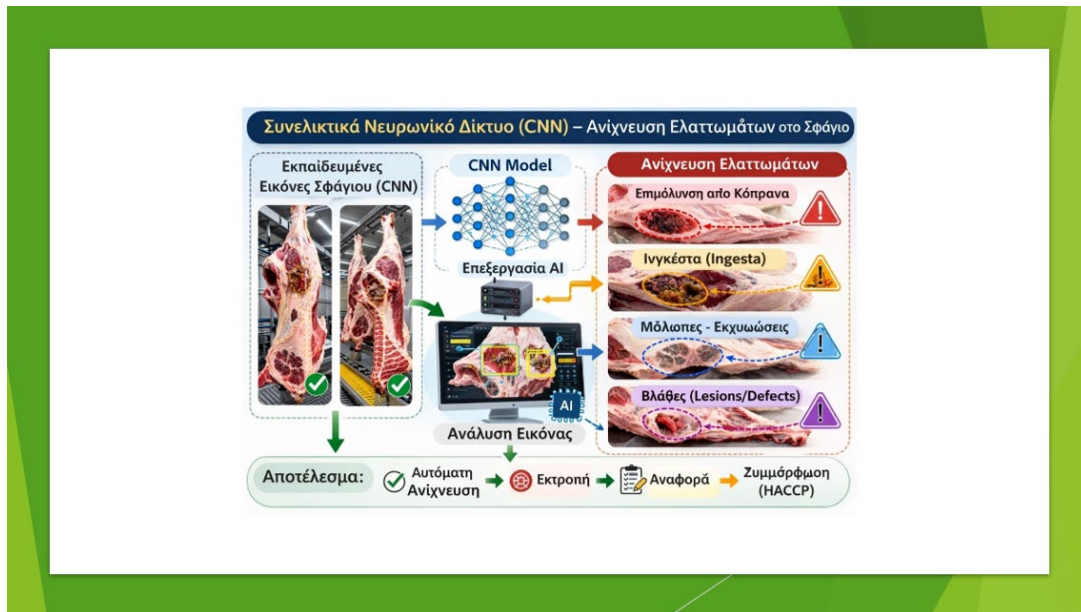
Η ενότητα «**ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ ΠΡΟΤΥΠΩΝ**» περιγράφει τον μηχανισμό λήψης αποφάσεων. Το σύστημα τροφοδοτείται ταυτόχρονα με δύο τύποι δεδομένων:

- **Θερμικά Μοτίβα:** Εικονίδια σάρωσης σφάγιων με χρωματικές ενδείξεις θερμοκρασίας (θερμές/ψυχρές εστίες).
- **Αλληλουχίες DNA:** Γραφική αναπαράσταση των μοριακών αλυσίδων νουκλεϊκών οξέων.
- **Το Συμπέρασμα:** Τα δεδομένα αυτά συγχωνεύονται στο μπλοκ «**AI**» (**Τεχνητή Νοημοσύνη**), το οποίο εκτελεί τον «**ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ**» (εμφανίζεται κόκκινη ένδειξη συναγερμού). Το τελικό επεξηγηματικό κείμενο αναφέρει: «- Προσδιορισμός θερμικών / DNA μοτίβων, μοτίβων (ενδεικτικά κινδύνου)», σφραγίζοντας τη διαδικασία της προγνωστικής μοντελοποίησης.

Αποποίηση ευθύνης

Η εργασία αυτή έχει αποκλειστικά ενημερωτικό χαρακτήρα και δεν αποτελεί πρόταση εφαρμογής. Τυχόν υιοθέτηση και εφαρμογή στοιχείων της επαφίεται αποκλειστικά στον αναγνώστη. Ενδέχεται να περιέχει λάθη και ο συντάκτης δεν εκφράζει κατ'ανάγκη αποδοχή των επιστημονικών / τεχνολογικών θέσεων των χρησιμοποιούμενων πηγών πληροφόρησης.

Σύντηξη και - Νευρωνικό Δίκτυο (Data Fusion & CNN) Εικονική προσέγγιση — (Στο κέντρο της οθόνης) συνδέουν όλα τα πρωτογενή σήματα (φάσμα, θερμοκρασία και ο ψηφιακός γενετικός



κώδικας) .

*Το CNN (Convolutional Neural Network - Συνελκτικό Νευρωνικό Δίκτυο) είναι η αρχιτεκτονική βαθιάς μάθησης (Deep Learning) που λειτουργεί ως ο «εγκέφαλος» της έξυπνης εγκατάστασης. Είναι το μοναδικό δίκτυο που μπορεί να επεξεργαστεί ταυτόχρονα τη μορφολογία του κρέατος (εικόνα), τη θερμοκρασία (θερμικά δεδομένα) και τη μοριακή δομή (δεδομένα φάσματος και Sequence Chip).

Πηγές πληροφόρησης : παρέχονται στην κύρια εργασία που δημοσιεύεται σύντομα :

Εισαγωγή στην Αρχιτεκτονική και την Εφαρμογή σύγχρονων τεχνολογιών Τεχνητής Νοημοσύνης (AI) και “έξυπνων” Αισθητήρων”

Βελτίωση λειτουργίας και αποτελέσματος

Βιβλιογραφική/ διαδικτυακή έρευνα

* εκδήλωση ενδιαφέροντος ΔΩΡΕΑΝ παροχή στη διεύθυνση :

qualitec46@gmail.com – qualitek4649@gmail.com

Αποποίηση ευθύνης

Η εργασία αυτή έχει αποκλειστικά ενημερωτικό χαρακτήρα και δεν αποτελεί πρόταση εφαρμογής. Τυχόν υιοθέτηση και εφαρμογή στοιχείων της επαφίεται αποκλειστικά στον αναγνώστη. Ενδέχεται να περιέχει λάθη και ο συντάκτης δεν εκφράζει κατ'ανάγκη αποδοχή των επιστημονικών / τεχνολογικών θέσεων των χρησιμοποιούμενων πηγών πληροφόρησης.