

Γ. Αδαμίδης^{1*}, Π. Παρλακίδης¹, Ζ. Βρύζας², Θ. Κυριτσάκας³, Ν. Τσιγαρδής³, Γ. Πετεινάτος⁴, Κ. Φερεντίνος⁴

¹Τμήμα Αγροτικής Ανάπτυξης, Σχολή Επιστημών Γεωπονίας και Δασολογίας, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, 68200, Ορεστιάδα, Έβρου

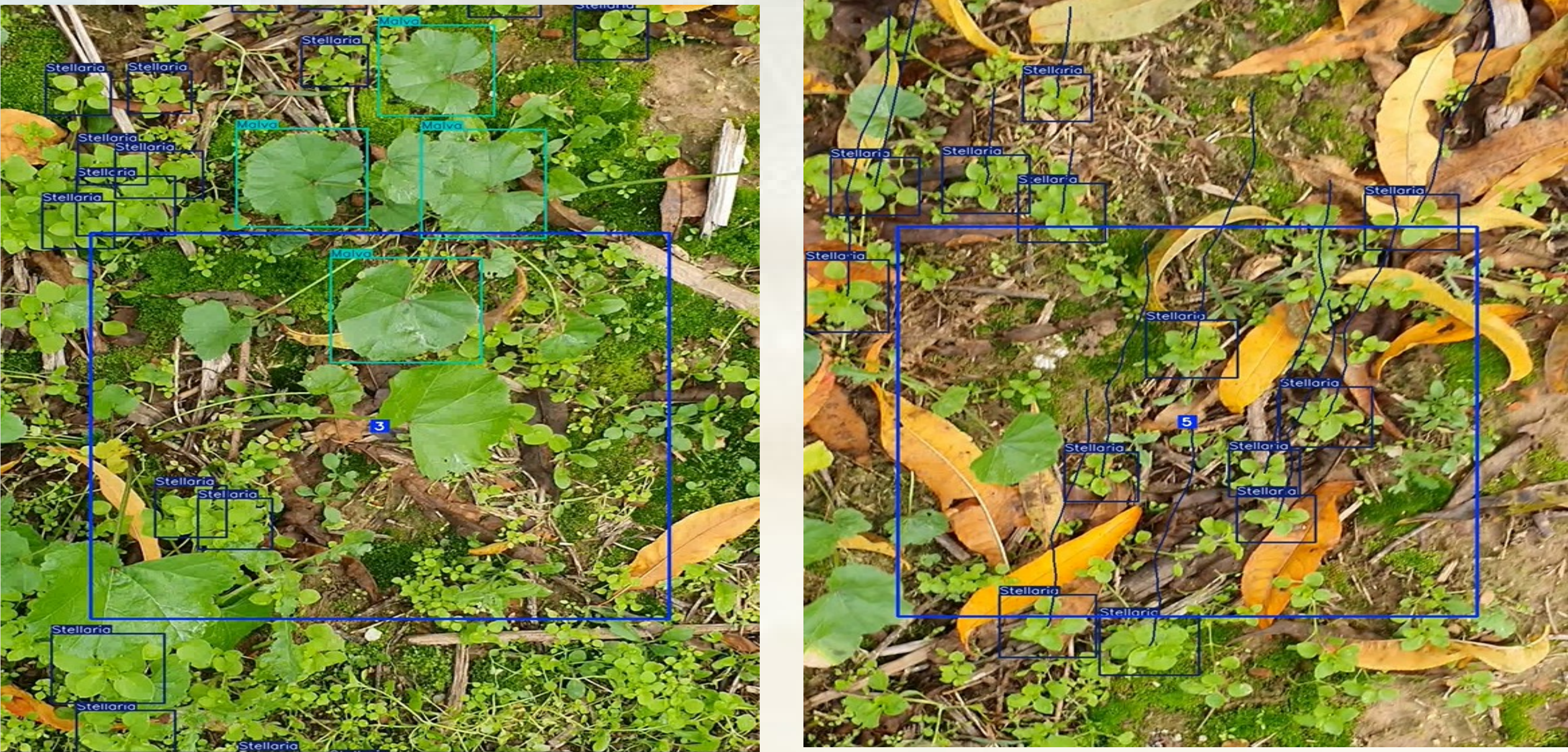
²Εργαστήριο Γεωργικών Φαρμάκων, Τμήμα Γεωπονίας, Σχολή Γεωπονίας, Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 54636 Θεσσαλονίκη, Θεσσαλονίκης

³FARMACON, 41335, Λάρισα, Λάρισα

⁴Ινστιτούτο Εδαφολογικών Πόρων, Τμήμα Γεωργικής Μηχανικής, ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ, 13561, Αγ. Ανάργυροι, Αττικής

Εισαγωγή

Η αποτελεσματική διαχείριση των ζιζανίων αποτελεί βασικό ζήτημα στη γεωργική παραγωγή, καθώς επηρεάζει την απόδοση των καλλιεργειών και τη βιωσιμότητα των οικοσυστημάτων. Η παραδοσιακή προσέγγιση βασίζεται σε εκτεταμένη χρήση χημικών ζιζανιοκτόνων, γεγονός που οδηγεί σε περιβαλλοντική ρύπανση, ανάπτυξη ανθεκτικότητας και μείωση της βιοποικιλότητας. Το WeeDetect είναι ένα καινοτόμο σύστημα υποστήριξης αποφάσεων (DSS) που συνδυάζει τεχνολογίες μηχανικής μάθησης, επεξεργασίας εικόνas και ανάλυσης δεδομένων για την έξυπνη αναγνώριση και διαχείριση των ζιζανίων. Στόχος του συστήματος είναι η βελτιστοποίηση της εφαρμογής ζιζανιοκτόνων, η μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος και η ενίσχυση της γεωργικής βιωσιμότητας. Το WeeDetect βασίζεται σε ένα προηγμένο σύστημα αναγνώρισης ζιζανίων, το οποίο εκπαιδεύεται με εκτενή σύνολα δεδομένων εικόνων και βίντεο, αναγνωρίζοντας βασικά είδη ζιζανίων που πλήττουν σημαντικές καλλιέργειες. Παράλληλα, ενσωματώνει ένα μοντέλο εκτίμησης βιοποικιλότητας και αναγκαιότητας ψεκασμού, το οποίο αναλύει το αγροοικοσύστημα και προτείνει στοχευμένες επεμβάσεις. Επιπλέον, διαθέτει ένα σύστημα επιλογής δραστικών ουσιών, το οποίο αξιολογεί τα διαθέσιμα ζιζανιοκτόνα με βάση την αποτελεσματικότητα, την επιλεκτικότητα, την ανθεκτικότητα των ζιζανίων και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η ανάπτυξη του WeeDetect ενσωματώνει σύγχρονες τεχνικές μηχανικής μάθησης και βασίζεται σε προηγμένους αλγορίθμους, για τη βέλτιστη αναγνώριση και ανάλυση των δεδομένων. Το σύστημα έχει τη δυνατότητα να συμβάλει σημαντικά στη μείωση της χρήσης ζιζανιοκτόνων, βελτιώνοντας την αειφορία της γεωργικής παραγωγής και προστατεύοντας τη βιοποικιλότητα.



Εικόνα 1: Στιγμιότυπα οθόνης από βίντεο κατά τη λειτουργία του συστήματος αναγνώρισης ζιζανίων.

Αποτελέσματα

Το σύστημα περιλαμβάνει τις εξής δυνατότητες:

1. Διαδραστική Εισαγωγή Δεδομένων:

- Καταχώριση δεδομένων σχετικά με τα ζιζάνια υπό μελέτη, τα ποσοστά συνολικής φυτοκάλυψης του καθενός
- Υπολογισμός του *Important Value Index (IVI)* = *Density* + *Frequency* + *Abundance*

Density = συνολικός αριθμός ατόμων ενός είδους σε όλα σταθερά τετράγωνα / συνολικός αριθμός σταθερών τετραγώνων που μελετήθηκαν

Frequency (%) = συνολικός αριθμός σταθερών τετραγώνων στα οποία εμφανίστηκε το είδος / συνολικός αριθμός τετραγώνων που μελετήθηκαν

Abundance = συνολικός αριθμός ατόμων ενός είδους σε όλα τα σταθερά τετράγωνα / συνολικός αριθμός σταθερών τετραγώνων στα οποία εμφανίστηκε το είδος

(Σε κλίμακα 0-100, βαθμολογίες > 60 υποδεικνύουν την κυριαρχία του είδους στην περιοχή που αξιολογήθηκε)

2. Διαχείριση δεδομένων δραστικών ουσιών

- Το πρόγραμμα βασίζεται σε αρχεία δεδομένων με πληροφορίες που αφορούν τις δραστικές ουσίες που έχουν έγκριση για τις καλλιέργειες Ροδακινιά και Αμπέλι. Τα αρχεία περιέχουν δεδομένα που αφορούν φυσικοχημικές ιδιότητες για τις δραστικές ουσίες (πχ. DT₅₀(soil), K_{oc}, K_{ow}, Δείκτης GUS κ.α.

3. Εισαγωγή δεδομένων μέσω γραφικών διεπαφής

- Οι χρήστες μπορούν να εισαγάγουν ποσοστά φυτοκάλυψης για κάθε ζιζάνιο
- Εφόσον τα δεδομένα εισαχθούν σωστά, το σύστημα ελέγχει αν πληρούνται τα κριτήρια φυτοκάλυψης και κατά συνέπεια αν θα ληφθεί απόφαση για τη χρήση ζιζανιοκτόνων:

Αν η κάλυψη ζιζανίων με IVI >= 60 ξεπερνά το 10%.

Ή αν η συνολική κάλυψη των ζιζανίων στόχων ξεπερνά το 20%.

4. Υπολογισμός του *Herbicide score*

Το πρόγραμμα υπολογίζει έναν συνολικό "Herbicide Score" συνδυάζοντας τον δείκτη ρύπανσης (Pollution index) και τον δείκτη ανάπτυξης ανθεκτικότητας (Resistance index).

$$Herbicide\ score = Pollution\ index + Resistance\ index$$

- Δείκτης Ρύπανσης: Το πρόγραμμα χρησιμοποιεί διάφορες φυσικοχημικές παραμέτρους των ουσιών για να υπολογίσει έναν δείκτη ρύπανσης, τις οποίες συνδυάζει με την απόσταση από υδάτινους όγκους.
- Δείκτης Ανάπτυξης Ανθεκτικότητας (Resistance index): Υπολογίζεται μέσω της δυνατότητα καταχώρισης παραμέτρων για την εκτίμηση της αντίστασης στις δραστικές ουσίες (πχ. Χρόνος εφαρμογής, Συχνότητα εφαρμογής κ.α.).

5. Τελική αξιολόγηση (Concern level)

Μετά και τον υπολογισμό του Herbicide score και αναλόγως της βαθμολογίας, το πρόγραμμα αποδίδει ένα επίπεδο ανησυχίας (concern level):

High Concern: >1.25, Moderate Concern: 0.75–1.25, Low Concern: <0.75.

Υλικά & μέθοδοι

Το WeeDetect αναπτύχθηκε με στόχο τη βελτιστοποίηση της διαχείρισης των ζιζανίων, χρησιμοποιώντας τεχνολογίες μηχανικής μάθησης, επεξεργασίας εικόνas και υποστήριξης αποφάσεων. Το σύστημα αποτελείται από τις ακόλουθες βασικές συνιστώσες:

1. Σύστημα Αναγνώρισης Ζιζανίων

Για την εκπαίδευση του συστήματος, συλλέχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα εικόνas και βίντεο υψηλής ανάλυσης από αγρούς.

Σύνολο δεδομένων: α) 5.440 εικόνas και 750 βίντεο, β) Δεδομένα από διαφορετικές φάσεις ανάπτυξης των ζιζανίων, γ) Εικόνες υπό διάφορες συνθήκες φωτισμού και περιβάλλοντος. Τα δεδομένα εκπαίδευσης προέρχονται από εξωτερικές λήψεις σε πραγματικές συνθήκες καλλιέργειας.

Βασικά είδη ζιζανίων που αναγνωρίζονται: α) *Conyza spp.* (Κόνυζα) β) *Sorghum halepense* (Βέλιουρας) γ) *Cynodon dactylon* (Αγριάδα) δ) *Malva sylvestris* (Μολόχα) ε) *Stellaria media* (Στελλάρια).

2. Μοντέλο εκτίμησης βιοποικιλότητας-αναγκαιότητας ψεκασμού

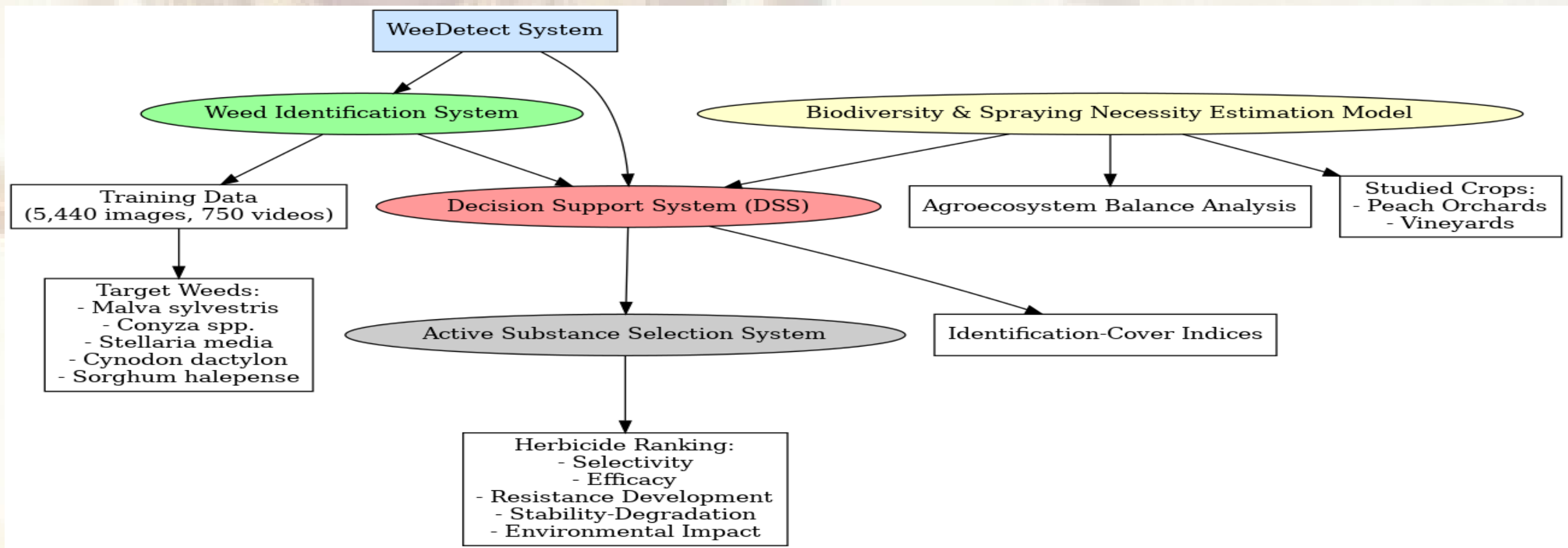
Υπολογίζει τη φυτοκάλυψη και την ποικιλότητα των ζιζανίων χρησιμοποιώντας δημιουργημένους δείκτες βάση του ποσοστού κάλυψης εντός σταθερού τετραγώνου των ζιζανίων στόχων.

3. Σύστημα υποστήριξης αποφάσεων (Decision Support System-DSS)

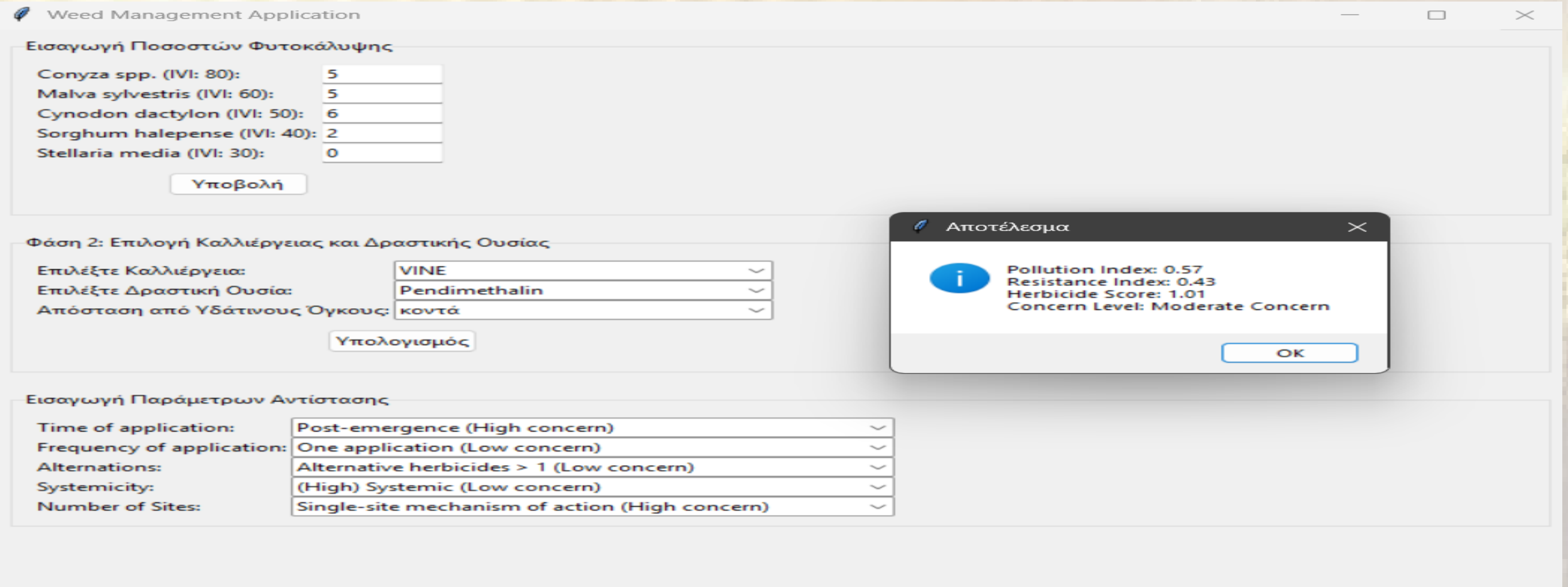
Το σύστημα λήψης αποφάσεων αξιολογεί την αναγκαιότητα ψεκασμού σε πραγματικό χρόνο. Η απόφαση θα βασίζεται στη συνδυασμένη ανάλυση των δεδομένων αναγνώρισης ζιζανίων και των θεσπισμένων δεικτών αναγνώρισης-φυτοκάλυψης και του δείκτη σημαντικότητας, εξασφαλίζοντας την αποτελεσματικότητα των εφαρμογών ζιζανιοκτονίας.

4. Σύστημα επιλογής δραστικών ουσιών

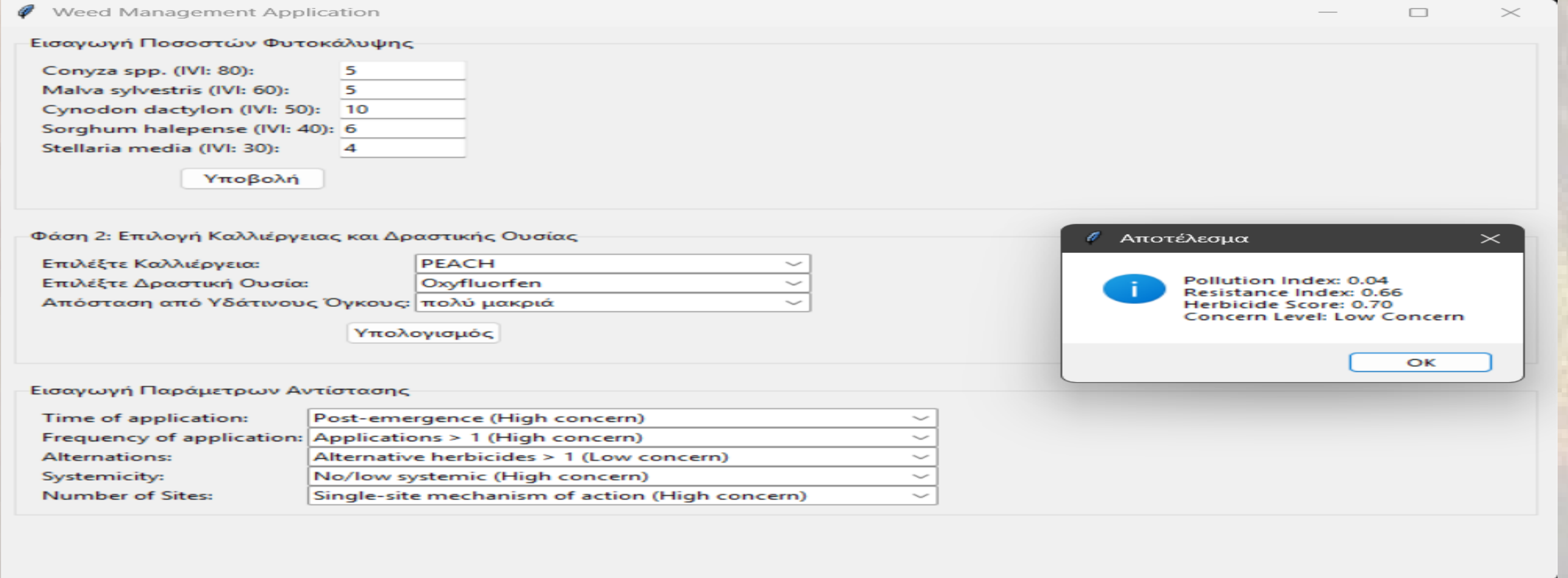
Το σύστημα επιλογής κατάλληλων ζιζανιοκτόνων, λαμβάνει υπόψη τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο (Pollution index) της επιλογής χρήσης των προτεινόμενων δραστικών ουσιών, καθώς και την ανάπτυξη ανθεκτικότητας (Resistance index). Οι επιλεγόμενες δραστικές ουσίες ιεραρχούνται βάσει κριτηρίων όπως η εκλεκτικότητα, η αποτελεσματικότητα, η πιθανότητα ανάπτυξης ανθεκτικότητας, η σταθερότητα-αποικοδόμηση και η περιβαλλοντική επιβάρυνση.



Διάγραμμα 1: Εννοιολογική γραφική απεικόνιση των λειτουργιών και των σχέσεων τροφοδότησης δεδομένων του συστήματος WeeDetect



Εικόνα 2: Αποτελέσματα σεναρίου δραστικής ουσίας pendimethalin στην καλλιέργεια του Αμπελιού.



Εικόνα 3: Αποτελέσματα σεναρίου δραστικής ουσίας στην καλλιέργεια της Ροδακινιάς.

Συμπεράσματα

Το WeeDetect παρέχει μια καινοτόμο λύση για τη βιώσιμη διαχείριση των ζιζανίων, αξιολογώντας παράλληλα τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο της χρήσης των ζιζανιοκτόνων σε κυκλοφορία. Η εφαρμογή του μπορεί να μειώσει τη χρήση ζιζανιοκτόνων, να προστατεύσει τη βιοποικιλότητα και να ενισχύσει τη γεωργική παραγωγικότητα..