

ΧΩΡΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΕΧΘΡΩΝ ΠΟΛΥΕΤΩΝ ΦΥΤΩΝ: ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ ΕΛΑΙΩΝΕΣ ΣΤΗ ΣΑΜΟ

Παππάς Ιωάννης¹, Κίζος Αθανάσιος¹, Σταθά Μαρία, Χάρχαρος Χρήστος²

- (1) Τμήμα Γεωγραφίας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Λόφος Πανεπιστημίου, Μυτιλήνη, 81132, geod16007@aegean.gr, akizos@aegean.gr
- (2) Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Ηρώων Πολυτεχνείου 9, 15780, Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου

Περίληψη

Η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και εργαλείων έχει αλλάξει το πεδίο της γεωργίας. Ιδιαίτερα στα συστήματα φυτοπροστασίας, η εισαγωγή συστημάτων «Γεωργίας Ακριβείας» επιφέρει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα, με ταυτόχρονη μείωση εισροών, μικρότερες οικονομικές και περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις. Τα συστήματα αυτά περιλαμβάνουν τη χρήση Τηλεπισκοπικών μέσων, Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΣΓΠ) και χωρικής ανάλυσης που ανάγουν τη διαχείριση των διαθέσιμων πόρων και τις παρεμβάσεις στο κατάλληλο χωρικό επίπεδο (τμήμα καλλιέργειας, αγρός, τοπίο).

Η μεθοδολογία που παρουσιάζεται αφορά στην ανάπτυξη ενός χωρικού μοντέλου πρόβλεψης και πρόγνωσης της εξάπλωσης των προσβολών, με μελέτη περίπτωσης το Δάκο (*Bactrocera oleae*) και περιοχή μελέτης τους ελαιώνες της Σάμου. Οι προβλέψεις θα βασίζονται σε χωρο-χρονική ανάλυση ιστορικών δεδομένων προσβολών, που θα δώσουν χωρικά πρότυπα συγκεντρώσεων, μετακινήσεων και γενικότερα της οικολογίας τοπίου του εντόμου σε σχέση με δεδομένα κλιματικά, γεωμορφολογικά και κάλυψης γης. Οι καλύψεις θα χαρτογραφηθούν μέσω δορυφορικών εικόνων του Sentinel 2A, με εκτίμηση ακρίβειας στο πεδίο. Επιπλέον επίπεδα πληροφορίας που θα χρησιμοποιηθούν, περιλαμβάνουν το ψηφιακό μοντέλο εδάφους, το υδρογραφικό δίκτυο, το οδικό δίκτυο, τις κλίσεις, τις εκθέσεις, αλλά και παρεμβάσεις φυτοπροστασίας. Οι συσχετίσεις των παραπάνω επιπέδων πληροφορίας, θα συνεκτιμηθούν για τη βαθμονόμηση των παραμέτρων που θα χρησιμοποιηθούν για να προβλέψουν περιοχές με μεγάλη τρωτότητα σε συγκεντρώσεις πληθυσμού.

Τα αποτελέσματα του χωρικού μοντέλου θα είναι χάρτες επικινδυνότητας-πρόγνωσης πιθανότητας προσβολών και θα μπορούν να διασταυρώνονται με ανεξάρτητη παρακολούθηση από πραγματικές μετρήσεις στο πεδίο, με σκοπό το σχεδιασμό και την υλοποίηση αποτελεσματικότερων παρεμβάσεων και τελικά τη δημιουργία ενός εργαλείου διαχείρισης του πληθυσμού και των παρεμβάσεων σε επίπεδο περιοχής – τοπίου.

Λέξεις - κλειδιά: Γεωργία Ακριβείας, Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών, Μοντέλο Πρόβλεψης, Ελαιώνες, Δάκος (*Bactrocera oleae*).

Εισαγωγή

Ο τρόπος και οι μέθοδοι οργάνωσης της αγροτικής παραγωγής έχουν μεταβληθεί έντονα τα τελευταία χρόνια υπό την επίδραση των τεχνολογικών εξελίξεων στον κλάδο των υπολογιστών (αύξηση υπολογιστικής ισχύος, μείωση όγκου, μεγάλη φορητότητα, χρήση διαδικτύου) και της διαθεσιμότητας γεωχωρικών δεδομένων. Η αποκαλούμενη «γεωργία ακριβείας» εκφράζει ακριβώς αυτές τις μεταβολές στο παρόν και το μέλλον των καλλιεργητικών συστημάτων. Για μερικούς όπως τον Crookston, (2006) και Mulla (2013) , θεωρείται ως μια «επανάσταση» που μπορεί να επιφέρει σημαντική αύξηση της αποτελεσματικότητας και της παραγωγικότητας, ενώ μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των ποσοτήτων των εισροών και άρα των επιπτώσεων τους στο περιβάλλον και στους φυσικούς πόρους. Σύμφωνα με τους Stoorvogel και Bouma (2004), τα κύρια ερωτήματα που έρχεται να απαντήσει η γεωργία ακριβείας είναι το πού, πόσο, πότε και με ποιόν τρόπο.

Ως «γεωργία ακριβείας» συνήθως θεωρούνται γεωργικές πρακτικές που χρησιμοποιούν και ενσωματώνουν πληροφορία σαφώς προσδιορισμένη ως προς το χώρο ή/και το χρόνο. Πρόκειται δηλαδή για μια έννοια που βασίζεται στην παρατήρηση, μέτρηση και απόκριση σε διαφοροποιήσεις στο εσωτερικό του αγρού και μεταξύ των αγρών (Zhang, 2016). Αυτό γίνεται με βάση τα χαρακτηριστικά του εδάφους και των φυτών σε κάθε σημείο του χωραφιού και επιτρέπει τη διαφοροποίηση των εισροών και των καλλιεργητικών φροντίδων σε διαφορετικά σημεία του αγρού και σύμφωνα με τις πραγματικές ανάγκες της καλλιέργειας.

Τα κύρια χαρακτηριστικά της είναι η γεωγραφικά προσδιορισμένη πληροφορία και η εξέλιξη της πληροφορίας αυτής στο χρόνο. Αν και αυτά είναι τα χαρακτηριστικά όλων των καλλιεργητικών συστημάτων για χιλιάδες χρόνια, η συλλογή, διαχείριση και αξιοποίηση της πληροφορίας με μέσα και μεθόδους πιο συστηματικές, πιο ποσοτικές και χωρικές και η χρήση της επιστημονικής γνώσης για τη διαχείριση της, κάνει τη γεωργία ακριβείας πολύ «σύγχρονη».

Σύμφωνα με τους Mulla κ.ά. (2013), η γεωργία ακριβείας δίνει έμφαση στη χωρο-χρονική ανάλυση και διαχείριση δεδομένων ως μια οντότητα αντί για τη μεμονωμένη διαχείρισή τους χωρικά. Αυτό επιτυγχάνεται με τη συνδυαστική χρήση δεδομένων και εργαλείων που προσφέρει η Τηλεπισκόπηση, τα Γεωγραφικά

Συστήματα πληροφοριών σε συνδυασμό με τα δεδομένα επίγειων μετρήσεων. Η συνηθέστερη χρήση της Τηλεπισκόπησης στο πλαίσιο της Γεωργίας Ακριβείας είναι η περιοδική καταγραφή, η χαρτογράφηση και η παρακολούθηση των καλλιεργητικών συστημάτων. Όσον αφορά, τη χρήση δορυφορικών εικόνων ως δεδομένων, αυτά χρησιμοποιούνται στη γεωργία από τις αρχές της δεκαετίας του 1970 (Mulla, 2013).

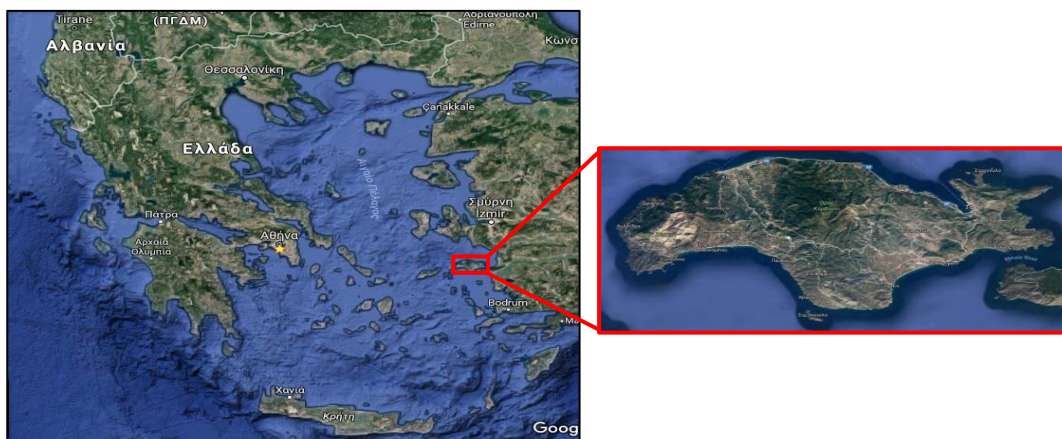
Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η δημιουργία ενός χωρικού μοντέλου πρόβλεψης-πρόγνωσης της εξάπλωσης των εχθρών των πολυετών φυτών, με μελέτη περίπτωσης το Δάκο (*Bactrocera oleae*) και περιοχή μελέτης τους ελαιώνες της Σάμου. Η έρευνα επικεντρώνεται στο Δάκο, καθώς αποτελεί τον κυριότερο εχθρό της με μεγάλη οικονομική ζημία στην παραγωγή (Rice, 2000).

Υλικά και Μέθοδοι-Προτεινόμενη Μεθοδολογία

Περιοχή μελέτης

Η περιοχή μελέτης είναι το νησί της Σάμου (Εικόνα Ι). Η Σάμος είναι νησί του Βορειοανατολικού Αιγαίου με πρωτεύουσα τη Σάμο. Έχει έκταση 477,62 km² (το 8^ο μεγαλύτερο νησί στο Αιγαίο) και πληθυσμό 32.977 κατοίκους (απογραφή 2011). Σύμφωνα με στοιχεία της Διεύθυνσης Αγροτικής Οικονομίας και Κτηνιατρικής ΠΕ Σάμου, οι ελαιώνες στη Σάμο καλύπτουν 96,5 km² και αριθμούν σε 1.293.400 δένδρα περίπου.

Εικόνα 1: Περιοχή μελέτης (Πηγή: Google Earth)



Η ποικιλία ελιάς που επικρατεί στο νησί είναι η Θρουμπουλιά ή Χαμαδολιά. Τα δέντρα της συγκεκριμένης ποικιλίας είναι μεγάλης ηλικίας και φυτεμένα σε μεγάλες αποστάσεις. Επίσης σε αρκετά δέντρα της ποικιλίας αυτής όταν επικρατούν ευνοϊκές συνθήκες γίνεται αποπίκρυνση των καρπών πάνω στο δένδρο και είναι βρώσιμες χωρίς καμία άλλη επεξεργασία (ελιές θρούμπες). Η ποικιλία Θρουμπουλιά είναι μικτής χρήσης, δηλαδή κατάλληλη για ελαιοποίηση καθώς και για φαγητό. Το μέγεθος του

καρπού είναι 3-5gr και η περιεκτικότητα σε λάδι φτάνει το 28%. Είναι ποικιλία χαμηλών απαιτήσεων, γι' αυτό και καλύπτει επικλινείς και άγονες εκτάσεις.

Η ανάλυση της σχετικής βιβλιογραφίας αποκαλύπτει ότι αν και η οικολογία του εντόμου είναι γνωστή και καλά μελετημένη, η οικολογία του στον πραγματικό χώρο είναι λιγότερο καλά γνωστή. Ακόμα, σε επίπεδο τοπίου, η χωρική ανάλυση των προσβολών και των περιβαλλοντικών παραμέτρων μπορεί να βοηθήσει τόσο στη διαχείριση της ανάπτυξης ενός δικτύου παρακολούθησης για τον έλεγχο επιβλαβών μικροοργανισμών όσο και στη βελτίωση της οικολογικής γνώσης (Guidotti κ.ά., 2005). Υπό αυτό το πρίσμα, η χρήση συνδυαστικής χρήσης χωρικής ανάλυσης, τηλεπισκόπησης και των ΣΓΠ, θα βοηθήσει στη δημιουργία αυτού του μοντέλου. Τα δεδομένα που έχουν χρησιμοποιηθεί και σε άλλες μελέτες για επιδημιολογικά μοντέλα πρόβλεψης είναι η θερμοκρασία που καταγράφεται από μετεωρολογικούς σταθμούς ή /και in situ δεδομένα (Blum κ.ά., 2015) αλλά και η σχετική υγρασία (Yokoyama, κ.ά., 2006, Kalamatianos κ.ά. 2016). Δεδομένα θερμοκρασίας χρησιμοποίησε και ο Kalamatianos κ.ά. (2016), με σκοπό να τα χρησιμοποιήσει ως εισροή για την εκπαίδευση του μοντέλου νευρωνικών δικτύων που θα προέβλεπε μελλοντικά τους πληθυσμούς του Δάκου εντός του Ελαιώνα.

Σε μια άλλη έρευνα οι Blum κ.ά. (2015) χρησιμοποίησαν δορυφορικά δεδομένα θερμοκρασίας τα οποία μετατράπηκαν σε θερμοκρασία κόμης στον Ελαιώνα, καθώς η θερμοκρασία της κόμης αποτέλεσε και την κύρια μεταβλητή του για το Δημογραφικό Φυσιολογικό Μοντέλο (Physiologically-based Demographic Model – PBDM) με σκοπό να προβλέψει τη διακύμανση του πληθυσμού του Δάκου. Είναι δεδομένο πως η χωρο-χρονική κατανομή ενός εντομοπληθυσμού εξαρτάται από περιβαλλοντικούς παράγοντες (π.χ. ανάγλυφο, μικροκλίμα, αλληλεπιδράσεις μεταξύ των οργανισμών) και από ανθρωπογενείς παράγοντες (π.χ. αγροτικές, αστικές και βιομηχανικές δραστηριότητες) (Blum κ.ά., 2015).

Στην παρούσα προσέγγιση, θα χρησιμοποιηθούν οι εξής μεταβλητές: θερμοκρασία, υγρασία, ανάγλυφο, κάλυψη γης, δυνατότητα μετακίνησης για εύρεση τροφής, καλλιεργητικές φροντίδες, ύπαρξη πληθυσμού κατά την προηγούμενη καλλιεργητική περίοδο. Τα δεδομένα αυτά θα χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία και έλεγχο του χωρικού μοντέλου, που θα κάνει και προβλέψεις.

Αρχικά, τα στοιχεία που θα συλλεχθούν στο στάδιο αυτό, αφορούν πρωτογενή δεδομένα όπως δορυφορικές εικόνες του Sentinel 2A, δευτερογενή τα οποία θα προκύψουν κατόπιν επεξεργασίας στο λογισμικό ArcGIS και βοηθητικά δεδομένα τα

οποία θα χρησιμοποιηθούν στην αποτελεσματικότερη χαρτογράφηση των καλύψεων γης αλλά και στην εκτίμηση της ακρίβειας των παραγόμενων χαρτών. Η χρήση περαιτέρω δεδομένων όπως ορθοφωτοχάρτες, δορυφορικές εικόνες, χάρτες CORINE και δασικοί χάρτες θα βοηθήσει κατά την υλοποίηση της Επιβλεπόμενης Ταξινόμησης (Supervised Classification) των εννέα επικρατέστερων καλύψεων γης της περιοχής μελέτης με τη χρήση του λογισμικού Erdas Imagine 9.2.

Για να αποφευχθεί η σύγχυση των φασματικών υπογραφών θα επιλεγούν εικόνες θερινής λήψης για καλύτερη διαφοροποίηση των καλύψεων γης και θα πραγματοποιείται γραμμική παλινδρόμηση όταν τα δείγματα παρουσιάζουν σύγχυση ενώ η εκτίμηση της ακρίβειας θα υλοποιηθεί με σημεία ελέγχου τυχαία καταναμημένα στην περιοχή μελέτης και ταυτόχρονη εξακρίβωση τους στο πεδίο.

Όσον αφορά, τα δεδομένα, που θα προκύψουν κατόπιν επεξεργασίας μέσω των ΣΓΠ, αυτά αφορούν πληροφορίες όπως, το ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DEM), το υδρογραφικό δίκτυο, το οδικό δίκτυο, τις κλίσεις, τις εκθέσεις κ.ά., τα οποία θα αποτελέσουν το βασικό υπόβαθρο του χωρικού μοντέλου που θα δημιουργηθεί.

Το δεύτερο στάδιο αφορά στην ανάλυση των ιστορικών στοιχείων προσβολής, με στόχο την καλύτερη κατανόηση των τάσεων, προτιμήσεων και συγκεντρώσεων του Δακοπληθισμού σε εποχικό, χωρικό και χρονικό επίπεδο καθώς και σε σχέση με τα κλιματικά δεδομένα. Τα ιστορικά στοιχεία αφορούν μετρήσεις του Δακοπληθισμού για 10 χρόνια, που έχουν συλλεχθεί μέσω των Δακοπαγίδων και των αισθητήρων και αφορούν συγκεντρώσεις Δάκου, θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας αντίστοιχα. Μέσω κατάλληλων στατιστικών αναλύσεων, οι οποίες θα διεξαχθούν στο στατιστικό πακέτο SPSS (ανάλυση συχνότητας, παλινδρόμηση, συσχέτιση μεταβλητών κ.ά.), θα αναδειχθεί εάν και σε ποιο βαθμό οι μεταβλητές του μοντέλου επηρεάζουν την αυξομείωση-δραστηριότητα του Δακοπληθισμού καθώς επίσης ποιες είναι οι συσχετίσεις μεταξύ των μεταβλητών αυτών. Τα αποτελέσματα αυτά θα φανερώσουν στην ουσία τη χωρική κατανομή του Δάκου, τα χωρικά πρότυπα και τα μοτίβα που ακολουθεί στο χρόνο αλλά και ανά εποχή, και το βαθμό στον οποίο αυτά μεταβάλλονται σε συνάρτηση με τις κλιματικές συνθήκες.

Τέλος, από την ανάλυση παλινδρόμησης, θα αναδειχθεί και ο βαθμός που κάποιες μεταβλητές όπως π.χ. η σχετική υγρασία ή η θερμοκρασία ή το ανάγλυφο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προβλέψουν, με σκοπό να καθοριστούν και τα βάρη στο στάδιο υλοποίησης του χωρικού μοντέλου.

Τα δυο πρώτα στάδια προετοιμάζουν στην ουσία τα στοιχεία που χρειάζονται για το τρίτο στάδιο, την υλοποίηση του μοντέλου περιγραφής των χωροχρονικών μεταβολών του Δακοπληθυσμού. Στο σημείο αυτό, θα διερευνηθεί και η σχέση του εντόμου με το χώρο που ενδιαφέρει και αν τα πρότυπα που δημιουργούνται έχουν κάποια τυχαιότητα ή κάποια εξάρτηση.

Το τέταρτο στάδιο αφορά τη δημιουργία του χωρικού μοντέλου καθώς και το σύνολο της χωρικής πληροφορίας σε περιβάλλον ΣΓΠ. Τα υπόλοιπα θεματικά επίπεδα πληροφορίας που θα χρησιμοποιηθούν στο μοντέλο για την εξαγωγή των προβλέψεων, θα βαθμονομηθούν μέσω των αναλύσεων που έχουν διεξαχθεί στο SPSS σε προηγούμενο στάδιο. Αποτέλεσμα όλων των παραπάνω θα είναι χάρτες πρόβλεψης-πρόγνωσης των προσβολών του Δάκου. Η διαδικασία αυτή είναι δυναμική και σε συνεχή ανάδραση καθώς οι εκροές του μοντέλου, δηλαδή οι χάρτες επικινδυνότητας/πρόγνωσης πιθανότητας προσβολών, θα διασταυρώνονται με μια ανεξάρτητη πηγή πληροφορίας.

Συγκεκριμένα, στο πέμπτο στάδιο θα πραγματοποιούνται μετρήσεις του πληθυσμού του Δάκου για τουλάχιστον ένα έτος και ανά τακτά χρονικά διαστήματα ώστε να ελεγχθούν οι προβλέψεις του μοντέλου. Με βάση τις παρατηρήσεις αυτές θα προσαρμοστούν οι παράμετροι που έχουν εισαχθεί στο μοντέλο, αναπροσαρμόζοντας παράλληλα τα βάρη των μεταβλητών που επηρεάζουν τη συγκέντρωση του Δάκου, με τελικό στόχο τη βελτίωση του ποσοστού πρόβλεψης και αρτιότερα αποτελέσματα.

Όπως αναφέρθηκε η διαδικασία υλοποίησης του μοντέλου δεν είναι γραμμική αλλά ακολουθεί μια συνεχή αναδιάρθρωση και επαναξιολόγηση των δυνατοτήτων και των προβλέψεων που εξάγει σε κάθε δοκιμή. Η σύνδεση των Γεωχωρικών Δεδομένων θα είναι διαρκής και μάλιστα θα ενημερώνεται με δεδομένα από την παρακολούθηση των παγίδων αλλά και από μετεωρολογικά δεδομένα. Έτσι, η ανάλυση των προβλέψεων είναι απαραίτητη ώστε το προϊόν που θα παραχθεί να εξάγει έγκυρα αποτελέσματα. Κύριο μέλημα είναι να συμπέσουν οι προβλέψεις από τις ανεξάρτητες πηγές με αυτό που θα προβλέπει το μοντέλο και ως εκ τούτου αυτό που θα χτίσει την εγκυρότητα είναι η συνεχή αξιολόγηση και διόρθωση των προβλέψεων κάθε φορά που αυτό θα «τρέχει».

Αποτελέσματα και Συζήτηση

Οι εκροές του χωρικού μοντέλου που θα υλοποιηθεί θα είναι χάρτες επικινδυνότητας- πρόβλεψης πιθανότητας για προσβολές από Δάκο. Κατόπιν των

δοκιμών και της αξιολόγησης των αποτελεσμάτων που θα εξάγει, αναμένεται η χρήση του να παρέχει τη δυνατότητα άμεσης επέμβασης σε ομάδες δακοκτονίας ή μεμονωμένα στους αγρότες σε εν δυνάμει πληγείσες περιοχές με αποτέλεσμα η παρέμβαση να είναι περιορισμένη χωρικά, όπου είναι αναγκαία, οικονομική, φιλική στο περιβάλλον και έγκυρη.

Abstract

DEVELOPING A SPATIAL MODEL TO PREDICT PESTS IN PERMANENT CROPS, CASE STUDY: OLIVE GROVES IN SAMOS ISLAND

Pappas Ioannis^{1*}, Kizos Athanasios^{1*}, Statha Maria, Charcharos Christos²

(1) Department of Geography, Aegean University, University Hill, Mytilene, 81132,

geod16007@aegean.gr, akizos@aegean.gr

(2) School of Rural and Surveying Engineering National Technical University of Athens H. Polytechniou Str. 9, 15780 Zografos Campus, Athens, Greece

The technological advances and the development of new tools have change the field of agriculture. In particular, precision agriculture systems help to maximize crops' productivity and profitability, reducing at the same time the required economic aspects as well as their environmental impacts. These systems combine Geographical Information Systems (GIS) and Remote Sensing to perform various spatial analysis methods. Thus, the management of the available resources and the design of the interventions are targeting each time the desired spatial level (crop, field, or landscape).

This paper describes the proposed methodological framework for the development of a spatial model to forecast the spread of olive fruit fly (*Bactrocera oleae*) at the olive groves of Samos island (Greece). These forecasts will be based on a spatio-temporal analysis of historical infestation data, as well as data regarding the study area's climate, geomorphology, and land cover. Thus, more insights will be given concerning the spatial patterns of concentration and movement in addition to the insect's landscape ecology. Land cover will be mapped using Sentinel 2A satellite images, while their precision will be calculated in the field. Additional layers that will be used, include digital terrain model, hydrographic and road network, slopes, exposures, and plant protection interventions. The correlations between these layers will be used for the calibration of the parameters, which will be used to predict areas of high vulnerability to population concentrations.

The spatial model's expected results will be risk-probability maps of an area's possibility to be infested. These results will be cross-referenced by monitoring independent field measurements in order to design and implement more effective interventions. The ultimate goal is the development of a tool that manages the population and the interventions at the spatial level of field or landscape.

Βιβλιογραφία

- Blum, M., 2015, Lensky I.M., Rempoulakis P., Nestel D., Modelling insect population fluctuations with satellite land surface. Temperature/ Ecological Modelling. 311: 39–47.
- Crookston K., 2006, Application of soil electrical conductivity to precision agriculture: Theory principles, and guidelines. *Argron. J.* 95:455-471, Taylon and Francis Group, USA.
- Guidotti D, Ragaglini G., Petacchi R. 2005. Analysis of spatio-temporal *Bactrocera oleae* (Diptera, Tephritidae) infestation distributions obtained from a large-scale monitoring network and its importance to IPM. *Integrated Protection of Olive Crops, IOBC/wprs Bull.* 28(9): 13-18.
- Rice R., 2000. Bionomics of the Olive Fruit Fly *Bactrocera* (*Dacus*) *Olea*. *University of California Plant Protection Quarterly.* 10: 1-5.
- Kalamatianos R., Kermanidis K., Avlonitis M., Karydis I. 2016. Environmental Impact on Predicting Olive Fruit Fly Population Using Trap Measurements. In book: *Artificial Intelligence Applications and Innovations.* 180-190
- Mulla D.J. (Ed.) 2013. Twenty-five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps, *Special Issue: Sensing in Agriculture, Biosystems Engineering.* II4:358 – 371.
- Stoorvogel, J., Bouma, J., 2004. Precision agriculture: A universal paradigm for agricultural management?.pp. 219-225. Conference: Indian society of Agronomy, Second International Agronomy Congress, At New Delhi. P.O.Box 37, 6700 AA Wageningen, The Netherlands.
- Yokoyama, V. Y., Rendon P., Sivinski, J.,2006. Environmental Impact on Predicting Olive Fruit Fly Population Using Trap Measurements.: Biological Control of Olive Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) by Reseases of *Psytalia* cf. *concolor* (Hymenoptera: Braconidae) in California, Parasitoid Longevity in Presence of the Host, and Host Status of Walnut Husk Fly. In: 7thInternational Symposium on Fruit Flies of Economic Importance, pp.15-164. Salvador, Brazil.
- Zhang, Q. 2016. Precision Agriculture Technology for Crop Farming. CRC Press, Taylon and Francis Group, USA.