

Γεωργία Ακριβείας

Χρήση μη επανδρωμένων αεροχημάτων στη γεωργία

Β. Πολύχρονος και Α. Περδικάρης¹



Η υιοθέτηση πρακτικών Γεωργίας Ακριβείας με χρήση μη επανδρωμένων αεροχημάτων (drones) μπορεί να αποτελέσει μια μέθοδο αριστοποίησης της παραγωγικής διαδικασίας που θα βελτιώνει την ανταγωνιστικότητα, θα εξοικονομεί πόρους και εισροές και θα στηρίζει τη βιώσιμη ανάπτυξη της αγροτικής επιχείρησης.

Εισαγωγή

Η Γεωργία Ακριβείας (ΓΑ) είναι ένα σύστημα διαχείρισης του συνόλου της γεωργικής εκμετάλλευσης με τη χρήση πληροφορικής, δορυφορικού εντοπισμού θέσης (Global Navigation Satellite System, GNSS), δεδομένων τηλεοπτικής και εγγύς συλλογής δεδομένων. Οι τεχνολογίες αυτές έχουν ως στόχο τη βελτιστοποίηση της απόδοσης των συντελεστών παραγωγής και δυνητικά τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Θεωρητικά, η ΓΑ αποσκοπεί στο να προσδώσει οφέλη που θα προκύψουν κυρίως λόγω της αύξησης των αποδόσεων, της βελτίωσης των συνθηκών εργασίας, της βελτίωσης της ευζωίας των ζώων και της προστασίας του περιβάλλοντος. Συνεπώς, η ΓΑ συμβάλλει στον ευρύτερο στόχο που αφορά την αειφορία της γεωργικής παραγωγής.

Η εφαρμογή της ΓΑ έχει καταστεί δυνατή χάρη στην ανά-

πτυξη τεχνολογιών που σχετίζονται με τους αισθητήρες, τη φωτογραμμετρία, τη χαρτογράφηση, την ραγδαία ανάπτυξη των μη επανδρωμένων αεροχημάτων (unmanned aerial vehicles, UAVs, drones) και τη σύνδεση όλων αυτών με δράσεις που σχετίζονται με την παραγωγική διαδικασία όπως την καλλιέργεια, τη σοδιά, τη λίπανση, την εφαρμογή σκευασμάτων και τέλος τη συγκομιδή.

Ειδικότερα η ραγδαία εξέλιξη του GNSS έπαιξε το σημαντικότερο ρόλο. Το γνωστό σε όλους μας GPS και η δυνατότητα παραγωγής γεωχωρικών δεδομένων χρησιμοποιούνται ευρέως σε αυτό που ονομάζουμε ΓΑ μέσω εφαρμογών όπως τα UAV και το αυτοκινούμενα γεωργικά εργαλεία (τρακτέρ).

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας αισθητήρων μέσω των οποίων συλλέγουμε πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση του εδάφους, του νερού αλλά και του μικροκλίματος αποτελεί βασικό μέρος του συστήματος της ΓΑ. Οι αισθητήρες αυτοί σε

¹ Ο Β. Πολύχρονος είναι Οικονομολόγος με μεταπτυχιακές σπουδές σε GIS. Διετέλεσε Υπεύθυνος έργων στις εταιρίες Delta Singular και MLS Πληροφορική ΑΕ, διευθυντής Τηλεματικής στην εταιρία COMPCON ΑΕΒΕ και είναι ιδρυτής και τεχνικός διευθυντής της εταιρείας GEOSENSE με αντικείμενο το εμπόριο εξοπλισμού γεωπληροφορικής και μη επανδρωμένων αεροσκαφών. Email: vpoly@geosense.gr

Ο Δρ. Α. Περδικάρης είναι Γεωπόνος, Μεταδιδακτορικός Ερευνητής στο Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, έχει διατελέσει Προϊστάμενος Τμήματος στο Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων στον τομέα των Δημητριακών και στη Βιολογική Γεωργία και σύμβουλος στη Μόνιμη Ελληνική Αντιπροσωπεία στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Email: antonios.perdikaris@gmail.com

συνδυασμό με την ανάπτυξη των UAVs έδωσε ιδιαίτερη ώθηση στην εφαρμογή της ΓΑ.

Σαν αγορά, η ΓΑ αποτιμάται σε 2,76 δισεκατομμύρια δολάρια το 2015 και αναμένεται να αυξηθεί με μέσο επίσημο ρυθμό 11,7% μέχρι το 2020.

Χρήση UAV/drones στη γεωργία

Σαν τεχνολογία η χρήση της φωτογραμμετρικής μεθοδολογίας αποτύπωσης, με UAV/drones, είναι πλέον μια τεχνολογία ιδιαίτερα προσιτή και δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας δεδομένων μεγάλου όγκου καλύπτοντας μεγάλες εκτάσεις σε μικρό χρονικό διάστημα. Για παράδειγμα, με μια πτήση διάρκειας 40 λεπτών μπορούν να συλλεχθούν δεδομένα έκτασης μέχρι και 3.500 στρεμμάτων!! Αν η συγκεκριμένη εργασία επιθεώρησης/επιτήρησης ακολουθούσε την παραδοσιακή οδό θα χρειαζόνταν καταρχήν ημέρες, δεν θα αποτυπωνόταν το αποτέλεσμα με τον ίδιο τρόπο λαμβάνοντας υπόψη την αρχή που λέει «ό,τι βλέπω από ψηλά δεν το βλέπω από τις πλευρές του αγροτεμαχίου», δεν θα αφορούσε την ίδια χρονική στιγμή αφού η συλλογή δεδομένων θα διαρκούσε ημέρες και σίγουρα δεν θα μπορούσε το ανθρώπινο μάτι όσο εκπαιδευμένο και αν ήταν να αποφύγει την υποκειμενικότητα.

Επίσης, κάτι ιδιαίτερα σημαντικό που αφορά την ελληνική γεωργία του μικρού κλήρου. Η χρήση των UAV μας δίνει τη δυνατότητα να επισημάνουμε την όποια παραλλακτικότητα ακόμα και σε μια μικρή έκταση επιπέδου στρέμματος, αλλά και να πραγματοποιήσουμε συγκριτική ανάλυση της δικής μας καλλιέργειας σε σχέση με γειτονικές και όχι μόνο, δίνοντας στο γεωργό μια συνολική εικόνα της καλλιέργειας στην ευρύτερη έκταση.

Θα μπορούσε να αναφέρει κανείς πολλά ακόμα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης τεχνολογίας. Λαμβάνοντας υπόψη και τις εξελίξεις ως προς τη δομή της ελληνικής γεωργίας, μέσα από την δημιουργία ομάδων παραγωγών, συνεπώς τη συνένωση μικρών εκμεταλλεύσεων σε μεγάλες, η χρήση UAVs για τη συλλογή μεγάλου όγκου δεδομένων αποτελεί ένα σημαντικό εργαλείο για τη διαχείριση και πρόβλεψη της παραγωγής όχι μόνο για τα φυτά μεγάλης καλλιέργειας αλλά και για τις θερμοκηπιακές καλλιέργειες, αφού υπό προϋποθέσεις τα συστήματα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε περιβάλλον θερμοκηπίου για συλλογή δεδομένων, για ψεκασμούς ή για απελευθέρωση ωφέλιμων εντόμων, ή ακόμα και για τη διαχείριση των προϊόντων κατά την αποθήκευση με τη χρήση barcodes, qr codes, rfid κλπ.

Από την άλλη, το κόστος απόκτησης των UAVs είναι πλέον ανεκτό και συνεχώς μειώνεται με γρήγορους ρυθμούς, ενώ το όφελος είναι τέτοιο που επιτρέπει την απόσβεσή τους σε μία ή δύο το πολύ καλλιεργητικές περιόδους κατά μέσο όρο.

Στην Ελλάδα η χρήση των UAVs είναι μάλλον περιορισμένη έως μηδενική, αφού πρόσφατη έρευνα (1), σε δείγμα εμπλεκόμενων στην αλυσίδα εφοδιασμού στο χώρο των τροφίμων, έδειξε ότι δεν υπάρχει σχετική γνώση των πλεονεκτημάτων ή των δυνατοτήτων που προσφέρουν τα εν λόγω συστήματα.

Παραδείγματα σε πραγματικές συνθήκες αγρού

Με σκοπό την ανάδειξη των πλεονεκτημάτων της τηλεοπτικής μεθόδου επιθεώρησης αγρών με χρήση μη επανδρωμένων αεροσκαφών, παρουσιάζονται 2 διαφορετικές με-

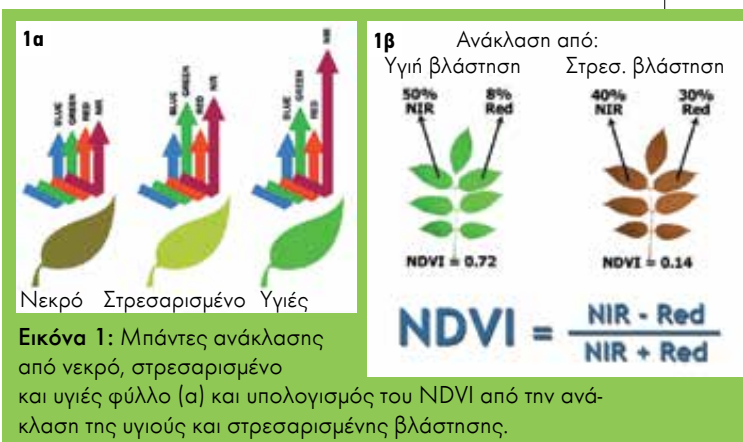
Σε μια προσπάθεια ενημέρωσης γι' αυτό το αντικείμενο των εμπλεκόμενων στη γεωργική παραγωγή, αναπτύσσεται εκπαιδευτικό υλικό στο πλαίσιο του προγράμματος Erasmus+ *Skills for Future Farmers* (SKIFF, <http://future-farmer.eu>) και συγκεκριμένα στο παραδοτέο με τίτλο «ICT in Agriculture», για παροχή εξ' αποστάσεως εκπαίδευσης στη γεωργία ακριβείας και ειδικότερα στη χρήση των UAVs στη γεωργία, το οποίο θα διατεθεί αρχικά στην Αγγλική γλώσσα και αργότερα στην Ελληνική, Τουρκική, Λιθουανική και Ολλανδική. Το υλικό θα αναπτυχθεί σε συνεργασία με την εταιρεία Geosense, μετά από παραχώρηση σχετικού υλικού από αυτήν στην ομάδα εργασίας του προγράμματος. Το πρόγραμμα χρηματοδοτείται από την ΕΕ και ολοκληρώνεται το Φεβρουάριο του 2018.

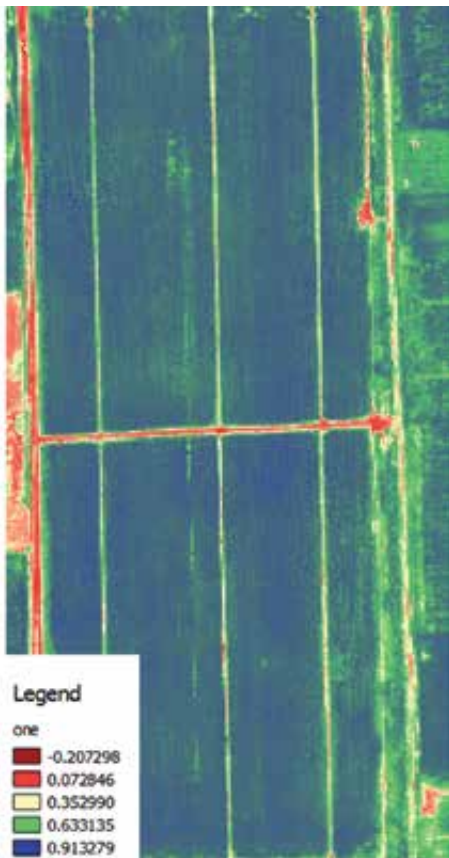


δρωμένων αεροσκαφών, παρουσιάζονται 2 διαφορετικές μελέτες περιπτώσεων.

Η πρώτη αφορά **αγρό αραβοσίτου** έκτασης περίπου 60 στρεμμάτων. Η πτήση έγινε με το μη επανδρωμένο αεροσκάφος eBee της ελβετικής senseFly σε ύψος 170 m πάνω από την επιφάνεια του εδάφους. Από αυτό το ύψος, ο φωτογραφικός αισθητήρας που κατέγραψε τις μπάντες Red, Green και Near Infrared (NIR) (Εικ. 1Α) συνέλλεξε δεδομένα ανάλυσης 6 cm pixel size. Η χρονική στιγμή που επιλέχθηκε να γίνει η πτήση ήταν όταν το ύψος των φυτών ξεπερνούσε το 1,80 m. Στο στάδιο αυτό, σε συνδυασμό και με την πυκνότητα σποράς του αραβοσίτου, είναι αδύνατη η επίγεια επιθεώρηση της καλλιέργειας.

Με στόχο τον εντοπισμό πιθανού stress, υπολογίστηκε ο δείκτης NDVI για το συγκεκριμένο αγρό. Ο δείκτης NDVI αποτελεί τον πλέον διαδεδομένο δείκτη βλάστησης ο οποίος προσδιορίζει την ύπαρξη ή μη βλάστησης και επί της βλάστησης υπολογίζει την υγεία των φυτών μέσω της ανάκλασης που προκαλεί η διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Ο υπολογισμός του λαμβάνει υπόψη την ανάκλαση στην μπάντα Red ή Blue και την ανάκλαση στη μπάντα Near Infrared. Πιο συγκεκριμένα, είναι ένας λόγος που στον αριθμητή υπάρχει η διαφορά Near Infrared – Red ή Blue και στον παρονομαστή το αντίστοιχο άθροισμα (Εικ. 1B). Έτσι, για κάθε pixel της φωτογραφίας στην οποία έχει καταγραφεί η ανάκλαση στις





Εικόνα 2: Αποτέλεσμα τηλεπισκόπησης αγρού αραβοσίτου. Μπλε = υγιής βλάστηση, πράσινο = στρεσαρισμένη βλάστηση και κόκκινο = περιοχές χωρίς βλάστηση.

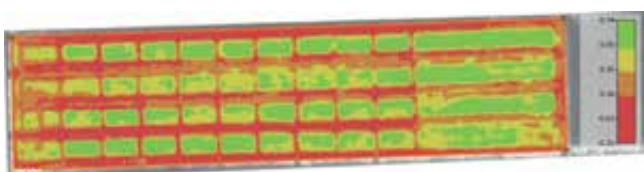
μπάντες Red, Green και Near Infrared, υπολογίζεται μια νέα τιμή ανάκλασης σύμφωνα με τον μαθηματικό τύπο του δείκτη NDVI. Η νέα εικόνα που προκύπτει, αποτυπώνει την «υγεία» των φυτών ως εξής:

Ο δείκτης δίνει τιμές ανά ρixel μεταξύ -1 και +1, όπου η τιμή -1 δεν αντιστοιχεί σε βλάστηση ενώ η τιμή +1 αντιστοιχεί σε εντελώς υγιή βλάστηση. Αν και το ίδιο αποτέλεσμα μπορεί να υπολογιστεί με την μπάντα του Blue όπου Red, η χρήση της

Red συσχετίζεται με το stress από έλλειψη αζώτου. Τα αποτελέσματα της τηλεπισκοπικής επιθεώρησης του συγκεκριμένου αγρού με χρήση του δείκτη NDVI, παρουσιάζονται στον χάρτη, όπου κάθε ρixel της εικόνας παρουσιάζει τιμές μεταξύ του -1 και +1. Με σκοπό την εύκολη ανάγνωση των αποτελεσμάτων, ο χάρτης ταξινομήθηκε σε λογισμικό GIS σε 5 κλάσεις όπως αυτές φαίνονται στην Εικόνα 2. Συνεπώς, με ζωηρό μπλε χρώμα παρουσιάζεται η πλέον υγιής βλάστηση εντός του αγρού, με πράσινο περιοχές με stress, ενώ προς το κόκκινο χρώμα εντοπίζονται περιοχές χωρίς βλάστηση.

Στον επόμενο χάρτη (Εικόνα 3) παρουσιάζεται ο δείκτης NDVI σε έναν **πειραματικό αγρό ρυζιού**. Κάθε πειραματικό τεμάχιο έχει διαστάσεις 3x5 m. Με ρixel size 6 cm σε κάθε πειραματικό τεμάχιο έχουμε 83x50 = 4150 ρixel με τιμές NDVI. Συνεπώς, η παραλλακτικότητα μπορεί να εντοπιστεί αποτελεσματικά ακόμη και σε τμήματα ενός μικρού πειραματικού τεμαχίου. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, με ζωηρό πράσινο χρώμα παρουσιάζονται περιοχές με ζωηρή – υγιή βλάστηση ενώ με κόκκινο χρώμα παρουσιάζονται περιοχές χωρίς καθόλου βλάστηση.

Πέραν του εντοπισμού της παραλλακτικότητας, η σύγχρονη τηλεπισκόπηση με χρήση μη επανδρωμένων αεροσκαφών, μπορεί να δώσει άριστα αποτελέσματα στον εντοπισμό



Εικόνα 3: Αποτέλεσμα τηλεπισκόπησης πειραμ. αγρού ρυζιού.



Εικόνα 4: Μέτρηση πυκνότητας φυτών (φυτά ανά γραμμή).



Εικόνα 5: Μέτρηση φυτομάζας (τριδιάστατη μοντελοποίηση φυτών)



Εικόνα 6: Εκτίμηση ποσοστού ανθοφορίας.

συγκεκριμένων παθογόνων ή προσβολών καθώς και δείκτες ωρίμανσης καρπών. Τέτοιες σύνθετες αναλύσεις απαιτούν κατάλληλες κάμερες καθώς και χρονικές σειρές δεδομένων με σκοπό τη συσχέτιση των φασματικών υπογραφών και την παραγωγή των αντίστοιχων δεικτών.

Τέλος, ακόμη και στο **ορατό φάσμα με χρήση απλής κάμερας**, η επιθεώρηση ενός αγρού μπορεί να δώσει πολύ χρήσιμες πληροφορίες, όπως:

- Μέτρηση πυκνότητας φυτών (Εικόνα 4)
- Μέτρηση φυτομάζας με 3D μοντελοποίηση φυτών (Εικόνα 5)
- Εκτίμηση ανθοφορίας (Εικόνα 6).

Συμπεράσματα

Στο σύγχρονο τοπίο αγροτικής παραγωγής, όπως αυτό εξελίσσεται μέσα από τις διεθνείς συνθήκες αλλά και μέσα από τις ιδιαίτερες τοπικές συνθήκες, η επιβίωση μιας παραγωγικής μονάδας απαιτεί τη βελτιστοποίηση σε όλα τα μετρήσιμα μεγέθη και στις εισροές. Η υιοθέτηση πρακτικών Γεωργίας Ακριβείας με χρήση μη επανδρωμένων μέσων αποτελεί μια μέθοδο αριστοποίησης που βελτιώνει την ανταγωνιστικότητα, εξοικονομεί πόρους και εισροές, στηρίζει τη βιώσιμη ανάπτυξη μειώνοντας τις παράπλευρες συνέπειες των ψεκασμών και αποτελεί ένα σύγχρονο εργαλείο υποστήριξης στη λήψη αποφάσεων που σχετίζονται με την παραγωγική δραστηριότητα.

Βιβλιογραφία

1. Trivellas, P., Perdikaris, A., Bampagalou, A. (2015). The use of unmanned aircrafts on precision agriculture. Proceedings of the 1st International Conference on Agri-food SCM & Green Logistics, FP7 REG-POT Project: GREEN-AgriChains, Porto Carras, Thessaloniki, Greece.
2. Geosense, (2015). Μη Επανδρωμένα Αεροσκάφη στη Σύγχρονη Γεωργία - Σύγχρονες Πρακτικές γεωργίας Ακριβείας. 4th Annual Agro-technology Summit, American-Hellenic Chamber of Commerce, Thessaloniki, Greece.