

## Τεχνολογίες ευφυούς γεωργίας σε καλλιέργειες φρούτων και λαχανικών

Γιώργος Αδαμίδης  
Ανώτερος Λειτουργός Γεωργικών Ερευνών  
Ινστιτούτο Γεωργικών Ερευνών

Ο όρος «ευφυής γεωργία» (smart agriculture/ smart farming) συνιστά την εφαρμογή Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνιών στη γεωργία, όπως το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things - IoT), οι αισθητήρες και ενεργοποιητές (smart sensors and actuators), τα συστήματα γεωεντοπισμού (geo-localisation), τα Μεγάλα Δεδομένα (Big Data), τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα (Unmanned Aerial Vehicles - UAV ή drones), η ρομποτική και λοιπά. Απώτερος σκοπός της εφαρμογής και αξιοποίησης της ευφυούς γεωργίας είναι να δώσει πιο παραγωγική και βιώσιμη γεωργική παραγωγή, η οποία θα βασίζεται σε μια προσέγγιση ακριβέστερης και πιο αποδοτικής χρήσης των πόρων. Από την πλευρά του γεωργού, η ευφυής γεωργία θα πρέπει να του παρέχει προστιθέμενη αξία με τη μορφή της καλύτερης λήψης αποφάσεων και της πιο αποτελεσματικής λειτουργίας και διαχείρισης της εκμετάλλευσής του.

Το Έργο Internet of Food and Farm 2020 (IOF2020 - project number 731884 - [www.iof2020.eu](http://www.iof2020.eu)) ξεκίνησε το 2017 και είναι αφιερωμένο στην επιτάχυνση της υιοθέτησης τεχνολογιών του Διαδικτύου των Πραγμάτων για την εξασφάλιση επαρκών, ασφαλών και υγιεινών τροφίμων και για την ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας των γεωργικών αλυσίδων τροφίμων στην Ευρώπη. Έτσι η Ευρώπη θα εδραιώσει την ηγετική θέση της στην παγκόσμια βιομηχανία αγροδιατροφής αλλά και IoT ενισχύοντας ένα συμβιωτικό οικοσύστημα αγρωτών, βιομηχανίας τροφίμων, προμηθευτών τεχνολογίας και ερευνητικών ιδρυμάτων. Τελικά, το IOF2020 θα ανοίξει τον δρόμο για μια γεωργία βασισμένη σε δεδομένα (data), με αυτόνομες καλλιεργητικές πρακτικές, εικονικές αλυσίδες τροφίμων και εξατομικευμένη διατροφή για τους Ευρωπαίους πολίτες. Η κοινοπραξία IoF2020 με 73 εταίρους, με επικεφαλής τον Wageningen UR και άλλους βασικούς εταίρους θα μεταφέρει την τεχνολογία σε εκατοντάδες τελικούς χρήστες ανά την Ευρώπη.

Οι εφαρμογές ευφυούς γεωργίας δεν στοχεύουν μόνο σε μεγάλες γεωργικές εκμεταλλεύσεις αλλά δύνανται, επίσης, να δράσουν για την ενίσχυση άλλων τάσεων στις γεωργικές εκμεταλλεύσεις όπως η οικογενειακή γεωργία, οι μικρές εκμεταλλεύσεις, η κτηνοτροφία και η βιολογική γεωργία. Η ευφυής γεωργία μπορεί ακόμα να παρέχει μεγάλα οφέλη σχετικά με το περιβάλλον, για παράδειγμα μέσω της αποτελεσματικότερης χρήσης του νερού ή της βελτιστοποίησης των γεωργικών πρακτικών (π.χ. φυτοπροστασία). Βασίζεται σε έναν συνδυασμό επιστημονικής έρευνας και γνώσης, δεδομένων και πρακτικής εμπειρίας με σκοπό την υποστήριξη των γεωργών κατά τη διάρκεια λήψης αποφάσεων που αφορούν στη διαχείριση της παραγωγής τους. Η ευφυής γεωργία συνδυάζει όλους τους συντελεστές παραγωγής, δηλαδή έδαφος, κλίμα, εισροές και γεωργική εργασία, προσβλέποντας στη βελτίωση της παραγωγικότητας και ανταγωνιστικότητας, στην αύξηση του γεωργικού εισοδήματος, τη βελτίωση του επιπέδου διαβίωσης των αγρωτών και την αειφόρο ανάπτυξη, λαμβάνοντας υπόψη την προστασία του περιβάλλοντος και τη βιωσιμότητα της γεωργικής εκμετάλλευσης. Συνήθως, εφαρμόζεται το παράδειγμα του συνδρομητικού μοντέλου χρήσης της ευφυούς γεωργίας, δηλαδή η εγκατάσταση του εξοπλισμού έχει μηδενικό κόστος, ενώ απαιτείται μια ετήσια συνδρομή για πρόσβαση στις τεχνολογίες Cloud (εξοπλισμό και λογισμικό) που αξιοποιεί το σύστημα ευφυούς γεωργίας.

Το έργο «Digital Ecosystem Utilisation - CYSLOP» αποτελεί μελέτη περίπτωσης (use case) του προγράμματος IOF2020. Το CYSLOP στοχεύει στην ανάπτυξη και εφαρμογή υπηρεσιών ευφυούς γεωργίας για τη μείωση του κόστους παραγωγής και τη βελτίωση της ποιότητας στα φρούτα και λαχανικά. Επικεντρώνεται, κυρίως, στη χρήση αισθητήρων,

ενεργοποιητών και δεδομένων για πολλαπλούς σκοπούς πέραν της εξοικονόμησης πόρων για τον παραγωγό, όπως για παράδειγμα το όφελος για τον καταναλωτή μέσω της ικνηλασιμότητας και της εμπιστοσύνης του στο προϊόν κάνοντας χρήση τεχνολογιών του Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things). Μεταξύ Ιουλίου και Δεκεμβρίου 2019, πραγματοποιήθηκαν οι εγκαταστάσεις των τηλεμετρικών σταθμών και του συστήματος ελέγχου άρδευσης σε τρία πιλοτικά αγροτεμάχια με καλλιέργειες ντομάτας και φράουλας (Αυγόρου - Ορμήδεια) και *goji berries* (Φοινί). Η τελευταία φάση των εγκαταστάσεων πραγματοποιήθηκε την περίοδο Ιουνίου-Ιουλίου 2020 σε τρία πιλοτικά τεμάχια με καλλιέργειες σμέουρων, αρώνιας και κερασιών στην ευρύτερη περιοχή του χωριού Αγρός (Εικόνες 1 και 2).



Εικόνα 1. Εγκατάσταση αισθητήρων εδάφους και θερμοκρασίας σε καλλιέργεια αρώνιας, στην περιοχή Κάτω Μύλος, Αγρός



Εικόνα 2. Εγκατάσταση αισθητήρων εδάφους και θερμοκρασίας σε καλλιέργεια σμέουρων, στην περιοχή Αγρίδια, Αγρός

Οι υπηρεσίες θα αξιοποιούν επιστημονικά προγνωστικά μοντέλα άρδευσης και φυτοπροστασίας, προσαρμοσμένα στις ιδιαιτερότητες των στοχευμένων περιοχών. Τα μοντέλα θα τροφοδοτούνται με δεδομένα που προέρχονται από ένα δίκτυο τηλεμετρικών σταθμών IoT, καθώς και με δεδομένα που τηρούνται από τους εμπλεκόμενους παραγωγούς και αφορούν σε εισροές-εκροές, αλλά και σε όλες εκείνες τις παραμέτρους που οι τιμές τους προσδιορίζουν την ιδιαιτερότητα κάθε παραγωγικής μονάδας μέσα στην τεράστια ποικιλία των περιπτώσεων. Επιπρόσθετα, για το κάθε πιλοτικό τεμάχιο συλλέγονται σε μηνιαία βάση δεδομένα όπως αριθμός επισκέψεων στο χωράφι για οποιαδήποτε εργασία, ποσότητα και κόστος φυτοπροστατευτικών προϊόντων που χρησιμοποιήθηκαν, κυβικά μέτρα νερού που χρησιμοποιήθηκαν για άρδευση, κόστος νερού, ποσότητα και κόστος λιπασμάτων και συνολική παραγωγή (κιλά) ανά καλλιεργητική περίοδο, ανά δεκάριο. Αυτά τα δεδομένα θα αξιολογηθούν ως Κύριοι Δείκτες Επιδόσεων (Key Performance Indicators). Τα αναμενόμενα αποτελέσματα αφορούν στη βελτίωση της αποδοτικότητας κατά 20% (π.χ. λιγότερες επισκέψεις στο χωράφι), μείωση της ποσότητας νερού άρδευσης κατά 10%, μείωση της χρήσης φυτοπροστατευτικών προϊόντων κατά 10%, αύξηση της συνολικής παραγωγικότητας των

γεωργικών εκμεταλλεύσεων, μείωση των εισροών κατά 10%, βελτίωση της εμπιστοσύνης των καταναλωτών, ενίσχυση της βιωσιμότητας των γεωργικών εκμεταλλεύσεων και ενίσχυση της ιδιωτικής ζωής και της ασφάλειας των δεδομένων.

Συντονιστής του Έργου είναι η ελληνική εταιρεία Future Intelligence Ltd (<http://www.f-in.gr>), ενώ συμμετέχουν οργανισμοί από την Κύπρο (Ινστιτούτο Γεωργικών Ερευνών και Πανεπιστήμιο Λευκωσίας), τη Σλοβενία (ITC-CLUSTER) και την Ολλανδία (Wageningen University & Research). Το IΓΕ συμμετέχει στο CYSLOP με τους δρ Γιώργο Αδαμίδα (Πληροφοριακά Συστήματα), Ανδρέα Στυλιανού (Αγροτική Οικονομία) και Μαριάνθη Γιαννακοπούλου (Αγροτική Οικονομία), από τον Κλάδο Αγροτικής Ανάπτυξης, τον δρ Δαμιανό Νεοκλέους (Θρέψη Φυτών), από τον Κλάδο Φυσικοί Πόροι και Περιβάλλον, και δρ Βασίλειο Βασιλείου (Εντομολογία), από τον Κλάδο Ζωικής Παραγωγής.

Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με το έργο CYSLOP οι ενδιαφερόμενοι/ες μπορούν να επισκέπτονται την ιστοσελίδα του προγράμματος <https://www.iof2020.eu/trials/vegetables/digital-ecosystem-utilisation> καθώς και την ιστοσελίδα του Κλάδου Αγροτικής Ανάπτυξης του Ινστιτούτου Γεωργικών Ερευνών <http://ruraldev.ari.gov.cy>.

## Αξιοποίηση τεχνολογιών ευφυούς γεωργίας στην καλλιέργεια της πατάτας: Η περίπτωση του ευρωπαϊκού προγράμματος IoT4Potato

Ανδρέας Στυλιανού  
Λειτουργός Γεωργικών Ερευνών  
Ινστιτούτο Γεωργικών Ερευνών

Η πατάτα αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα αγροτικά προϊόντα της Κύπρου, τόσο από άποψη παραγωγής όσο και από άποψη χρηματικής αξίας, αντιπροσωπεύοντας την τελευταία δεκαετία περίπου το 40% του συνόλου των εξαγωγών ακατέργαστων αγροτικών προϊόντων. Ωστόσο, η καλλιέργεια της πατάτας αντιμετωπίζει μία σειρά προκλήσεων οι οποίες πιθανόν να λάβουν ακόμα μεγαλύτερες διαστάσεις λόγω των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη τις αυξανόμενες απαιτήσεις των αγορών-στόχων της πατάτας για ποιοτικά προϊόντα, οι προκλήσεις αυτές περιλαμβάνουν: (α) την αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση των εκθρών και ασθενειών της καλλιέργειας, (β) τον ακριβέστερο προσδιορισμό των αναγκών σε νερό (τόσο του χρόνου και του εύρους άρδευσης όσο και της ποσότητας άρδευσης), και (γ) σε συνδυασμό με την άρδευση, την εξασφάλιση της επάρκειας θρεπτικών στοιχείων βάσει των μεταβαλλόμενων αναγκών της καλλιέργειας. Μέχρι σήμερα οι παραγωγοί φαίνεται να αντιμετωπίζουν τις παραπάνω προκλήσεις με σχετικά αυξημένη χρήση φυτοπροστατευτικών προϊόντων, λιπασμάτων και νερού άρδευσης, αυξάνοντας με τον τρόπο αυτό το συνολικό κόστος παραγωγής, επιβαρύνοντας το περιβάλλον και διακινδυνεύοντας την ποιότητα των προϊόντων τους.

Απάντηση στις παραπάνω προκλήσεις δύνανται να δώσει η εφαρμογή τεχνολογιών ευφυούς ή έξυπνης γεωργίας (smart farming). Οι τεχνολογίες αυτές εκμεταλλεύονται επιστημονικά εργαλεία ικανά να αξιοποιούν μεγάλο όγκο αξιόπιστων δεδομένων και να εξάγουν πολύτιμα αποτελέσματα σε επεξεργάσιμη και κατανοητή μορφή. Αξιοποιώντας τα δεδομένα αυτά, ο εκάστοτε γεωργικός σύμβουλος δύνανται να παρέχει στον παραγωγό λειτουργικές συμβουλές, οι οποίες είναι πλήρως προσαρμοσμένες στις ανάγκες του κάθε αγροτικού τεμαχίου. Έτσι, τα εργαλεία και οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στο πλαίσιο της ευφυούς γεωργίας έχουν τη δυνατότητα να παράγουν σχετικά οικονομικές αλλά ταυτόχρονα πολύτιμες συμβουλές για την αντιμετώπιση των κυριότερων προκλήσεων στην καλλιέργεια της πατάτας, αξιοποιώντας με αποτελεσματικό

τρόπο επιστημονικά δεδομένα και καθοδηγώντας τον πιο σημαντικό παραγωγικό συντελεστή, τον παραγωγό. Αξίζει να σημειωθεί ότι, βάσει διαφόρων μελετών, η αξιοποίηση καινοτόμων τεχνολογιών ευφυούς γεωργίας συμβάλλει σημαντικά τόσο στην προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή όσο και στη μείωση των επιπτώσεων της στη γεωργία και το περιβάλλον.

Στο πλαίσιο αυτό, και επιδιώκοντας την εξεύρεση λύσεων για τις πιο πάνω προκλήσεις, το Ινστιτούτο Γεωργικών Ερευνών (ΙΓΕ) συμμετέχει στο καινοτόμο έργο «Data-driven potato production» (IoT4Potato) το οποίο αποτελεί μελέτη περίπτωσης του ευρωπαϊκού προγράμματος «Internet of Food and Farm 2020» (IoF2020 - αριθμός προγράμματος 731884) που χρηματοδοτείται από τον Ορίζοντα 2020

## Τεχνολογίες ευφυούς γεωργίας σε καλλιέργειες φρούτων και λαχανικών

Γιώργος Αδαμίδης  
Ανώτερος Λειτουργός Γεωργικών Ερευνών  
Ινστιτούτο Γεωργικών Ερευνών

Ο όρος «ευφυής γεωργία» (smart agriculture/ smart farming) συνιστά την εφαρμογή Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνιών στη γεωργία, όπως το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things - IoT), οι αισθητήρες και ενεργοποιητές (smart sensors and actuators), τα συστήματα γεωεντοπισμού (geo-localisation), τα Μεγάλα Δεδομένα (Big Data), τα μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα (Unmanned Aerial Vehicles - UAV ή drones), η ρομποτική και λοιπά. Απώτερος σκοπός της εφαρμογής και αξιοποίησης της ευφυούς γεωργίας είναι να δώσει πιο παραγωγική και βιώσιμη γεωργική παραγωγή, η οποία θα βασίζεται σε μια προσέγγιση ακριβέστερης και πιο αποδοτικής χρήσης των πόρων. Από την πλευρά του γεωργού, η ευφυής γεωργία θα πρέπει να του παρέχει προστιθέμενη αξία με τη μορφή της καλύτερης λήψης αποφάσεων και της πιο αποτελεσματικής λειτουργίας και διαχείρισης της εκμετάλλευσής του.

Το Έργο Internet of Food and Farm 2020 (IOF2020 - project number 731884 - [www.iof2020.eu](http://www.iof2020.eu)) ξεκίνησε το 2017 και είναι αφιερωμένο στην επιτάχυνση της υιοθέτησης τεχνολογιών του Διαδικτύου των Πραγμάτων για την εξασφάλιση επαρκών, ασφαλών και υγιεινών τροφίμων και για την ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας των γεωργικών αλυσίδων τροφίμων στην Ευρώπη. Έτσι η Ευρώπη θα εδραιώσει την ηγετική θέση της στην παγκόσμια βιομηχανία αγροδιατροφής αλλά και IoT ενισχύοντας ένα συμβιωτικό οικοσύστημα αγρωτών, βιομηχανίας τροφίμων, προμηθευτών τεχνολογίας και ερευνητικών ιδρυμάτων. Τελικά, το IOF2020 θα ανοίξει τον δρόμο για μια γεωργία βασισμένη σε δεδομένα (data), με αυτόνομες καλλιεργητικές πρακτικές, εικονικές αλυσίδες τροφίμων και εξατομικευμένη διατροφή για τους Ευρωπαίους πολίτες. Η κοινοπραξία IoF2020 με 73 εταίρους, με επικεφαλής τον Wageningen UR και άλλους βασικούς εταίρους θα μεταφέρει την τεχνολογία σε εκατοντάδες τελικούς χρήστες ανά την Ευρώπη.

Οι εφαρμογές ευφυούς γεωργίας δεν στοχεύουν μόνο σε μεγάλες γεωργικές εκμεταλλεύσεις αλλά δύνανται, επίσης, να δράσουν για την ενίσχυση άλλων τάσεων στις γεωργικές εκμεταλλεύσεις όπως η οικογενειακή γεωργία, οι μικρές εκμεταλλεύσεις, η κτηνοτροφία και η βιολογική γεωργία. Η ευφυής γεωργία μπορεί ακόμα να παρέχει μεγάλα οφέλη σχετικά με το περιβάλλον, για παράδειγμα μέσω της αποτελεσματικότερης χρήσης του νερού ή της βελτιστοποίησης των γεωργικών πρακτικών (π.χ. φυτοπροστασία). Βασίζεται σε έναν συνδυασμό επιστημονικής έρευνας και γνώσης, δεδομένων και πρακτικής εμπειρίας με σκοπό την υποστήριξη των γεωργών κατά τη διάρκεια λήψης αποφάσεων που αφορούν στη διαχείριση της παραγωγής τους. Η ευφυής γεωργία συνδυάζει όλους τους συντελεστές παραγωγής, δηλαδή έδαφος, κλίμα, εισροές και γεωργική εργασία, προσβλέποντας στη βελτίωση της παραγωγικότητας και ανταγωνιστικότητας, στην αύξηση του γεωργικού εισοδήματος, τη βελτίωση του επιπέδου διαβίωσης των αγρωτών και την αειφόρο ανάπτυξη, λαμβάνοντας υπόψη την προστασία του περιβάλλοντος και τη βιωσιμότητα της γεωργικής εκμετάλλευσης. Συνήθως, εφαρμόζεται το παράδειγμα του συνδρομητικού μοντέλου χρήσης της ευφυούς γεωργίας, δηλαδή η εγκατάσταση του εξοπλισμού έχει μηδενικό κόστος, ενώ απαιτείται μια ετήσια συνδρομή για πρόσβαση στις τεχνολογίες Cloud (εξοπλισμό και λογισμικό) που αξιοποιεί το σύστημα ευφυούς γεωργίας.

Το έργο «Digital Ecosystem Utilisation - CYSLOP» αποτελεί μελέτη περίπτωσης (use case) του προγράμματος IOF2020. Το CYSLOP στοχεύει στην ανάπτυξη και εφαρμογή υπηρεσιών ευφυούς γεωργίας για τη μείωση του κόστους παραγωγής και τη βελτίωση της ποιότητας στα φρούτα και λαχανικά. Επικεντρώνεται, κυρίως, στη χρήση αισθητήρων,

ενεργοποιητών και δεδομένων για πολλαπλούς σκοπούς πέραν της εξοικονόμησης πόρων για τον παραγωγό, όπως για παράδειγμα το όφελος για τον καταναλωτή μέσω της ικνηλασιμότητας και της εμπιστοσύνης του στο προϊόν κάνοντας χρήση τεχνολογιών του Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things). Μεταξύ Ιουλίου και Δεκεμβρίου 2019, πραγματοποιήθηκαν οι εγκαταστάσεις των τηλεμετρικών σταθμών και του συστήματος ελέγχου άρδευσης σε τρία πιλοτικά αγροτεμάχια με καλλιέργειες ντομάτας και φράουλας (Αυγόρου - Ορμήδεια) και *goji berries* (Φοινί). Η τελευταία φάση των εγκαταστάσεων πραγματοποιήθηκε την περίοδο Ιουνίου-Ιουλίου 2020 σε τρία πιλοτικά τεμάχια με καλλιέργειες σμέουρων, αρώνιας και κερασιών στην ευρύτερη περιοχή του χωριού Αγρός (Εικόνες 1 και 2).



Εικόνα 1. Εγκατάσταση αισθητήρων εδάφους και θερμοκρασίας σε καλλιέργεια αρώνιας, στην περιοχή Κάτω Μύλος, Αγρός



Εικόνα 2. Εγκατάσταση αισθητήρων εδάφους και θερμοκρασίας σε καλλιέργεια σμέουρων, στην περιοχή Αγρίδια, Αγρός

Οι υπηρεσίες θα αξιοποιούν επιστημονικά προγνωστικά μοντέλα άρδευσης και φυτοπροστασίας, προσαρμοσμένα στις ιδιαιτερότητες των στοχευμένων περιοχών. Τα μοντέλα θα τροφοδοτούνται με δεδομένα που προέρχονται από ένα δίκτυο τηλεμετρικών σταθμών IoT, καθώς και με δεδομένα που τηρούνται από τους εμπλεκόμενους παραγωγούς και αφορούν σε εισροές-εκροές, αλλά και σε όλες εκείνες τις παραμέτρους που οι τιμές τους προσδιορίζουν την ιδιαιτερότητα κάθε παραγωγικής μονάδας μέσα στην τεράστια ποικιλία των περιπτώσεων. Επιπρόσθετα, για το κάθε πιλοτικό τεμάχιο συλλέγονται σε μηνιαία βάση δεδομένα όπως αριθμός επισκέψεων στο χωράφι για οποιαδήποτε εργασία, ποσότητα και κόστος φυτοπροστατευτικών προϊόντων που χρησιμοποιήθηκαν, κυβικά μέτρα νερού που χρησιμοποιήθηκαν για άρδευση, κόστος νερού, ποσότητα και κόστος λιπασμάτων και συνολική παραγωγή (κιλά) ανά καλλιεργητική περίοδο, ανά δεκάριο. Αυτά τα δεδομένα θα αξιολογηθούν ως Κύριοι Δείκτες Επιδόσεων (Key Performance Indicators). Τα αναμενόμενα αποτελέσματα αφορούν στη βελτίωση της αποδοτικότητας κατά 20% (π.χ. λιγότερες επισκέψεις στο χωράφι), μείωση της ποσότητας νερού άρδευσης κατά 10%, μείωση της χρήσης φυτοπροστατευτικών προϊόντων κατά 10%, αύξηση της συνολικής παραγωγικότητας των

γεωργικών εκμεταλλεύσεων, μείωση των εισροών κατά 10%, βελτίωση της εμπιστοσύνης των καταναλωτών, ενίσχυση της βιωσιμότητας των γεωργικών εκμεταλλεύσεων και ενίσχυση της ιδιωτικής ζωής και της ασφάλειας των δεδομένων.

Συντονιστής του Έργου είναι η ελληνική εταιρεία Future Intelligence Ltd (<http://www.f-in.gr>), ενώ συμμετέχουν οργανισμοί από την Κύπρο (Ινστιτούτο Γεωργικών Ερευνών και Πανεπιστήμιο Λευκωσίας), τη Σλοβενία (ITC-CLUSTER) και την Ολλανδία (Wageningen University & Research). Το IΓΕ συμμετέχει στο CYSLOP με τους δρ Γιώργο Αδαμίδη (Πληροφοριακά Συστήματα), Ανδρέα Στυλιανού (Αγροτική Οικονομία) και Μαριάνθη Γιαννακοπούλου (Αγροτική Οικονομία), από τον Κλάδο Αγροτικής Ανάπτυξης, τον δρ Δαμιανό Νεοκλέους (Θρέψη Φυτών), από τον Κλάδο Φυσικοί Πόροι και Περιβάλλον, και δρ Βασίλειο Βασιλείου (Εντομολογία), από τον Κλάδο Ζωικής Παραγωγής.

Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με το έργο CYSLOP οι ενδιαφερόμενοι/ες μπορούν να επισκέπτονται την ιστοσελίδα του προγράμματος <https://www.iof2020.eu/trials/vegetables/digital-ecosystem-utilisation> καθώς και την ιστοσελίδα του Κλάδου Αγροτικής Ανάπτυξης του Ινστιτούτου Γεωργικών Ερευνών <http://ruraldev.ari.gov.cy>.

## Αξιοποίηση τεχνολογιών ευφυούς γεωργίας στην καλλιέργεια της πατάτας: Η περίπτωση του ευρωπαϊκού προγράμματος IoT4Potato

Ανδρέας Στυλιανού  
Λειτουργός Γεωργικών Ερευνών  
Ινστιτούτο Γεωργικών Ερευνών

Η πατάτα αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα αγροτικά προϊόντα της Κύπρου, τόσο από άποψη παραγωγής όσο και από άποψη χρηματικής αξίας, αντιπροσωπεύοντας την τελευταία δεκαετία περίπου το 40% του συνόλου των εξαγωγών ακατέργαστων αγροτικών προϊόντων. Ωστόσο, η καλλιέργεια της πατάτας αντιμετωπίζει μία σειρά προκλήσεων οι οποίες πιθανόν να λάβουν ακόμα μεγαλύτερες διαστάσεις λόγω των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Λαμβάνοντας παράλληλα υπόψη τις αυξανόμενες απαιτήσεις των αγορών-στόχων της πατάτας για ποιοτικά προϊόντα, οι προκλήσεις αυτές περιλαμβάνουν: (α) την αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση των εκθρών και ασθενειών της καλλιέργειας, (β) τον ακριβέστερο προσδιορισμό των αναγκών σε νερό (τόσο του χρόνου και του εύρους άρδευσης όσο και της ποσότητας άρδευσης), και (γ) σε συνδυασμό με την άρδευση, την εξασφάλιση της επάρκειας θρεπτικών στοιχείων βάσει των μεταβαλλόμενων αναγκών της καλλιέργειας. Μέχρι σήμερα οι παραγωγοί φαίνεται να αντιμετωπίζουν τις παραπάνω προκλήσεις με σχετικά αυξημένη χρήση φυτοπροστατευτικών προϊόντων, λιπασμάτων και νερού άρδευσης, αυξάνοντας με τον τρόπο αυτό το συνολικό κόστος παραγωγής, επιβαρύνοντας το περιβάλλον και διακινδυνεύοντας την ποιότητα των προϊόντων τους.

Απάντηση στις παραπάνω προκλήσεις δύνανται να δώσει η εφαρμογή τεχνολογιών ευφυούς ή έξυπνης γεωργίας (smart farming). Οι τεχνολογίες αυτές εκμεταλλεύονται επιστημονικά εργαλεία ικανά να αξιοποιούν μεγάλο όγκο αξιόπιστων δεδομένων και να εξάγουν πολύτιμα αποτελέσματα σε επεξεργάσιμη και κατανοητή μορφή. Αξιοποιώντας τα δεδομένα αυτά, ο εκάστοτε γεωργικός σύμβουλος δύνανται να παρέχει στον παραγωγό λειτουργικές συμβουλές, οι οποίες είναι πλήρως προσαρμοσμένες στις ανάγκες του κάθε αγροτικού τεμαχίου. Έτσι, τα εργαλεία και οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στο πλαίσιο της ευφυούς γεωργίας έχουν τη δυνατότητα να παράγουν σχετικά οικονομικές αλλά ταυτόχρονα πολύτιμες συμβουλές για την αντιμετώπιση των κυριότερων προκλήσεων στην καλλιέργεια της πατάτας, αξιοποιώντας με αποτελεσματικό

τρόπο επιστημονικά δεδομένα και καθοδηγώντας τον πιο σημαντικό παραγωγικό συντελεστή, τον παραγωγό. Αξίζει να σημειωθεί ότι, βάσει διαφόρων μελετών, η αξιοποίηση καινοτόμων τεχνολογιών ευφυούς γεωργίας συμβάλλει σημαντικά τόσο στην προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή όσο και στη μείωση των επιπτώσεων της στη γεωργία και το περιβάλλον.

Στο πλαίσιο αυτό, και επιδιώκοντας την εξεύρεση λύσεων για τις πιο πάνω προκλήσεις, το Ινστιτούτο Γεωργικών Ερευνών (ΙΓΕ) συμμετέχει στο καινοτόμο έργο «Data-driven potato production» (IoT4Potato) το οποίο αποτελεί μελέτη περίπτωσης του ευρωπαϊκού προγράμματος «Internet of Food and Farm 2020» (IoF2020 - αριθμός προγράμματος 731884) που χρηματοδοτείται από τον Ορίζοντα 2020

(Horizon 2020 - Industrial Leadership). Συντονιστής του IoT4Potato είναι η ελληνική εταιρεία NEURPUBLIC, ενώ, εκτός από το ΙΓΕ, στο έργο συμμετέχουν οργανισμοί από την Πολωνία (Delphy Poland και FFP2), την Ουκρανία (AgroLV) και την Ολλανδία (Wageningen University & Research). Η ομάδα της Κύπρου αποτελείται από επιστήμονες διαφόρων ειδικοτήτων του Ινστιτούτου (Α. Στυλιανού, Γ. Αδαμίδης, Δ. Νεοκλέους, Β. Βασιλείου, Μ. Γιαννακοπούλου) και του Τμήματος Γεωργίας (Χ. Χατζηπέτρου, Θ. Κωνσταντίνου).

Απώτερος στόχος του IoT4Potato είναι η ανάπτυξη και εφαρμογή υπηρεσιών ευφυούς γεωργίας για τη μείωση του κόστους παραγωγής της πατατοκαλλιέργειας, τη βελτίωση της ποιότητας του τελικού προϊόντος, την αποτελεσματικότερη διαχείριση των πόρων και, κατ'επέκταση, την αποφυγή των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία από την υπέρμετρη χρήση φυτοπροστατευτικών προϊόντων. Οι υπηρεσίες ευφυούς γεωργίας του IoT4Potato αξιοποιούν επιστημονικά προγνωστικά μοντέλα φυτοπροστασίας, λίπανσης και άρδευσης, προσαρμοσμένα στις ιδιαιτερότητες των στοχευμένων περιοχών. Τα μοντέλα τροφοδοτούνται με δεδομένα που προέρχονται από ένα δίκτυο τηλεμετρικών σταθμών, με δορυφορικά δεδομένα, με δεδομένα που τηρούνται από τους εμπλεκόμενους παραγωγούς σχετικά με τις εισροές και εκροές της καλλιέργειας, αλλά και με άλλες παραμέτρους που οι τιμές τους προσδιορίζουν τη μοναδικότητα και ιδιαιτερότητα της κάθε παραγωγικής μονάδας. Η τεχνολογική προσέγγιση του IoT4Potato στηρίζεται στο καινοτόμο σύστημα ευφυούς γεωργίας gaiasense (<http://www.gaiasense.gr/home>), το οποίο θεωρείται κατάλληλο τόσο για μικρούς όσο και για μεγάλους παραγωγούς και συνδυάζει τεχνολογίες πληροφορικής, όπως το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things - IoT), μεγάλα δεδομένα (Big Data), υπολογιστικό νέφος (Cloud Computing) και μηχανική εκμάθηση (Machine Learning), με επιστημονικούς τομείς όπως οι γεωπονικές και βιολογικές επιστήμες και οι επιστήμες του περιβάλλοντος.

Ως περιοχή μελέτης στην Κύπρο επιλέχθηκε η περιοχή των Κοκκινόχωριών, λόγω της σημαντικότητάς της για την πατατοκαλλιέργεια. Παράγοντες όπως η έλλειψη ή περιορισμένη επάρκεια αρδευτικού ύδατος, η νιτρορύπανση, η υπεράντληση των υπογείων υδάτων και το υψηλό κόστος παραγωγής, φαίνεται να θέτουν σε κίνδυνο τη βιωσιμότητα της πατατοκαλλιέργειας στην περιοχή. Από την περιοχή των Κοκκινόχωριών επιλέχθηκαν δύο πιλοτικά αγροτεμάχια με έκταση 5 δεκάρια έκαστο, στα οποία εφαρμόζεται η προτεινόμενη τεχνολογία του IoT4Potato για δύο συνεχόμενες καλλιεργητικές περιόδους. Τα δεδομένα και αποτελέσματα της πρώτης καλλιεργητικής περιόδου χρησιμοποιούνται, κυρίως, για την προσαρμογή και βαθμονόμηση των επιστημονικών μοντέλων, ενώ ολοκληρωμένη συμβουλή προς τον αγρότη παρέχεται κατά τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο. Ωστόσο, η επεξεργασία των δεδομένων της πρώτης περιόδου δύναται να δώσει χρήσιμα αποτελέσματα. Στο άρθρο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που αφορούν την άρδευση και τη φυτοπροστασία της πρώτης καλλιεργητικής περιόδου για το ένα αγροτεμάχιο (εφεξής «πιλοτικό αγροτεμάχιο»).

### Η ευφυής γεωργία στην πράξη

Πριν από την εγκατάσταση του τεχνολογικού εξοπλισμού στο πιλοτικό αγροτεμάχιο πραγματοποιήθηκε λεπτομερής ανάλυση εδάφους, ενώ καταγράφηκαν, με τη χρήση ειδικού ερωτηματολογίου, ιστορικά δεδομένα της περιοχής και του συγκεκριμένου αγροτεμαχίου σχετικά με τις καλλιεργητικές και κλιματολογικές συνθήκες, τις κοινές πρακτικές που εφαρμόζει ο παραγωγός και τους κυριότερους εκθροούς και ασθένειες της καλλιέργειας της πατάτας. Στο προκαταρκτικό αυτό στάδιο η συμβολή των δορυφορικών δεδομένων για τον καθορισμό εδαφικών και κλιματικών ζωνών αλλά και για την επιλογή αντιπροσωπευτικών τεμαχίων για την εγκατάσταση του εξοπλισμού είναι ζωτικής σημασίας.

Το πιλοτικό αγροτεμάχιο φυτεύτηκε με πατάτα ποικιλίας Sprunta στις 23 Σεπτεμβρίου 2019, ενώ ένα μικρό μέρος του χρησιμοποιήθηκε ως «μάρτυρας» για τη βαθμονόμηση και προσαρμογή των μοντέλων φυτοπροστασίας. Στις 24 Σεπτεμβρίου 2019 εγκαταστάθηκε στο αγροτεμάχιο ο απαραίτητος εξοπλισμός, ο οποίος περιλάμβανε έναν αυτόνομο τηλεμετρικό σταθμό (σταθμός gaisense) και πολυαισθητήρες εδάφους και φυτού/φυλλώματος (Εικόνα 1). Το αρδευτικό σύστημα που εγκαταστάθηκε στο αγροτεμάχιο αποτελούνταν από 176 μικροεκτοξευτήρες με παροχή 180 λίτρα/ώρα έκαστος. Η βασική λίπανση εφαρμόστηκε την ίδια μέρα με τη σπορά, ενώ στις 28 Νοεμβρίου 2019 εφαρμόστηκε επιφανειακή λίπανση μέσω του συστήματος άρδευσης (υδρολίπανση). Οι ασθένειες της πατάτας που κρίθηκαν από την ερευνητική ομάδα ως οι πιο σοβαρές για παρακολούθηση ήταν ο περονόσπορος (*Phytophthora infestans*) και η αλτερνάρια ή πρώιμος περονόσπορος (*Alternaria solani*).



Εικόνα 1: Εγκατάσταση εξοπλισμού στο πιλοτικό αγροτεμάχιο (1: Ατμοσφαιρικοί αισθητήρες, 2: Πολυαισθητήρες φυτού/φυλλώματος, 3: Πολυαισθητήρας εδάφους, 4: Κέντρο ελέγχου-αυτοματισμοί)

### Συλλογή δεδομένων

Από την ημέρα της εγκατάστασης του τηλεμετρικού σταθμού μέχρι τη συγκομιδή της καλλιέργειας καταγράφονταν σε ωριαία βάση οι τιμές σημαντικών αγροπεριβαλλοντικών παραμέτρων όπως θερμοκρασία και σχετική υγρασία αέρα, εδαφική υγρασία και αλατότητα σε τέσσερα διαφορετικά βάθη (10-40 cm), ηλιακή ακτινοβολία, ατμοσφαιρική πίεση, μέση ταχύτητα και κατεύθυνση ανέμου, βροχόπτωση,

καθώς και θερμοκρασία, σχετική υγρασία και επιφανειακή υγρασία του φυλλώματος. Παράλληλα με τα πιο πάνω, καταγράφονταν υπό μορφή ψηφιακού ημερολογίου όλες οι υφιστάμενες καλλιεργητικές πρακτικές του παραγωγού οι οποίες σχετίζονταν με τα φαινολογικά στάδια της καλλιέργειας, την άρδευση, τη λίπανση, τη φυτοπροστασία

κ.ά. Για την ανάπτυξη και προσαρμογή των μοντέλων άρδευσης σημαντική ήταν η καταγραφή της υδατικής κατάστασης του φυτού. Για τον λόγο αυτό, πριν και μετά από κάθε άρδευση μετρούνταν η υδατική δυναμικότητα και η στοματική αγωγιμότητα των φύλλων με τη χρήση ειδικού εξοπλισμού (Εικόνες 2 και 3).

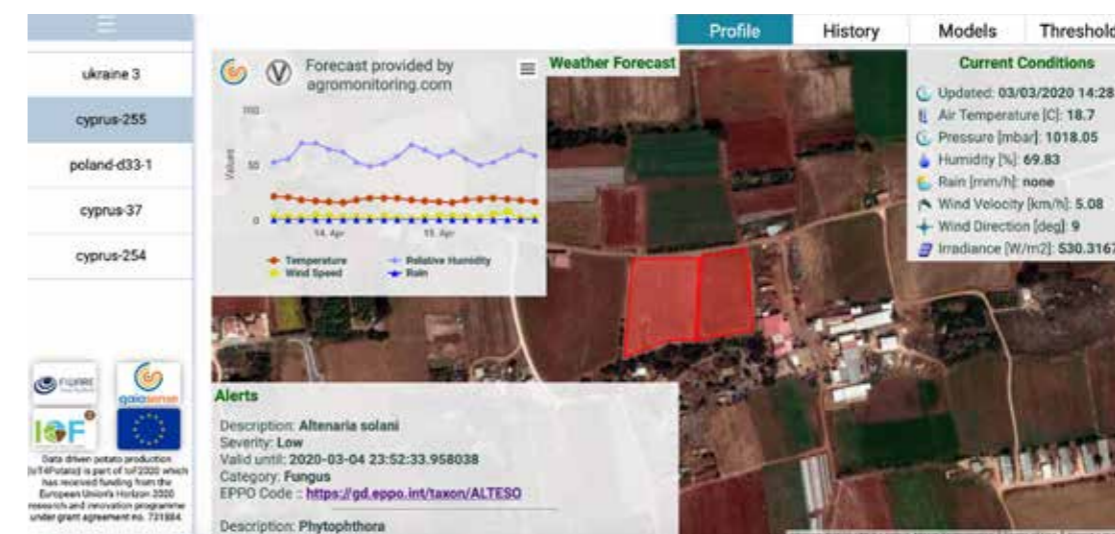


Εικόνα 2: Εξοπλισμός για την καταγραφή της υδατικής κατάστασης του φυτού: Θάλαμος πίεσης (αριστερά) και πορόμετρο (δεξιά)



Εικόνα 3: Μέτρηση στοματικής αγωγιμότητας του φυλλώματος της πατάτας με πορόμετρο

Όλα τα πιο πάνω δεδομένα ενσωματώνονταν στη βάση δεδομένων του IoT4Potato (cloud-based data repository) και, ακολούθως, τύχαιαν επεξεργασία με ειδικά μοντέλα προσομοίωσης, με απώτερο στόχο την παραγωγή και παροχή στοχευμένης γεωργικής συμβουλής για βελτιστοποίηση των διαδικασιών άρδευσης, φυτοπροστασίας και λίπανσης. Η παραγόμενη συμβουλή, μαζί με επιλεγμένες αγροπεριβαλλοντικές μετρήσεις, παρέχονται στους τελικούς χρήστες (αγρότες, γεωργικοί σύμβουλοι) μέσω μίας φιλικής στον χρήστη διαδικτυακής εφαρμογής (web-based application). Στις Εικόνες 4 και 5 παρουσιάζονται επιλεγμένα στιγμιότυπα (snapshots) της διαδικτυακής εφαρμογής του IoT4Potato. Σχετικά με τον κίνδυνο προσβολής από τον περονόσπορο και την αλτερνάρια και τις σχετικές ειδοποιήσεις (alerts), τα αποτελέσματα του μοντέλου κυμαίνονται από 0 (καθόλου κίνδυνος) μέχρι 100 (όταν ο κίνδυνος βρίσκεται στο υψηλότερο επίπεδο) και ομαδοποιούνται σε τέσσερις κλάσεις ως εξής: R1-καθόλου κίνδυνος, R2-χαμηλός κίνδυνος, R3-μέτριος κίνδυνος, R4-υψηλός κίνδυνος, R5-πολύ υψηλός κίνδυνος. Γενικά, προτείνεται όπως ο παραγωγός λάβει προληπτικά μέτρα όταν ο κίνδυνος φτάσει στο τρίτο επίπεδο (μέτριος κίνδυνος), λαμβάνοντας φυσικά υπόψη πρόσθετες παραμέτρους όπως η τρέχουσα κατάσταση της καλλιέργειας, προηγούμενες εφαρμογές φυτοπροστατευτικών προϊόντων και η πρόγνωση του καιρού για την περιοχή.



Εικόνα 4. Τρέχουσες περιβαλλοντικές συνθήκες, ενεργές ειδοποιήσεις (alerts) και πρόγνωση καιρού για το πιλοτικό αγροτεμάχιο

(Horizon 2020 - Industrial Leadership). Συντονιστής του IoT4Potato είναι η ελληνική εταιρεία NEURPUBLIC, ενώ, εκτός από το ΙΓΕ, στο έργο συμμετέχουν οργανισμοί από την Πολωνία (Delphy Poland και FFP2), την Ουκρανία (AgroLV) και την Ολλανδία (Wageningen University & Research). Η ομάδα της Κύπρου αποτελείται από επιστήμονες διαφόρων ειδικοτήτων του Ινστιτούτου (Α. Στυλιανού, Γ. Αδαμίδης, Δ. Νεοκλέους, Β. Βασιλείου, Μ. Γιαννακοπούλου) και του Τμήματος Γεωργίας (Χ. Χατζηπέτρου, Θ. Κωνσταντίνου).

Απώτερος στόχος του IoT4Potato είναι η ανάπτυξη και εφαρμογή υπηρεσιών ευφυούς γεωργίας για τη μείωση του κόστους παραγωγής της πατατοκαλλιέργειας, τη βελτίωση της ποιότητας του τελικού προϊόντος, την αποτελεσματικότερη διαχείριση των πόρων και, κατ'επέκταση, την αποφυγή των αρνητικών επιπτώσεων στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία από την υπέρμετρη χρήση φυτοπροστατευτικών προϊόντων. Οι υπηρεσίες ευφυούς γεωργίας του IoT4Potato αξιοποιούν επιστημονικά προγνωστικά μοντέλα φυτοπροστασίας, λίπανσης και άρδευσης, προσαρμοσμένα στις ιδιαιτερότητες των στοχευμένων περιοχών. Τα μοντέλα τροφοδοτούνται με δεδομένα που προέρχονται από ένα δίκτυο τηλεμετρικών σταθμών, με δορυφορικά δεδομένα, με δεδομένα που τηρούνται από τους εμπλεκόμενους παραγωγούς σχετικά με τις εισροές και εκροές της καλλιέργειας, αλλά και με άλλες παραμέτρους που οι τιμές τους προσδιορίζουν τη μοναδικότητα και ιδιαιτερότητα της κάθε παραγωγικής μονάδας. Η τεχνολογική προσέγγιση του IoT4Potato στηρίζεται στο καινοτόμο σύστημα ευφυούς γεωργίας gaiasense (<http://www.gaiasense.gr/home>), το οποίο θεωρείται κατάλληλο τόσο για μικρούς όσο και για μεγάλους παραγωγούς και συνδυάζει τεχνολογίες πληροφορικής, όπως το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things - IoT), μεγάλα δεδομένα (Big Data), υπολογιστικό νέφος (Cloud Computing) και μηχανική εκμάθηση (Machine Learning), με επιστημονικούς τομείς όπως οι γεωπονικές και βιολογικές επιστήμες και οι επιστήμες του περιβάλλοντος.

Ως περιοχή μελέτης στην Κύπρο επιλέχθηκε η περιοχή των Κοκκινόχωριων, λόγω της σημαντικότητάς της για την πατατοκαλλιέργεια. Παράγοντες όπως η έλλειψη ή περιορισμένη επάρκεια αρδευτικού ύδατος, η νιτρορύπανση, η υπεράντληση των υπογείων υδάτων και το υψηλό κόστος παραγωγής, φαίνεται να θέτουν σε κίνδυνο τη βιωσιμότητα της πατατοκαλλιέργειας στην περιοχή. Από την περιοχή των Κοκκινόχωριων επιλέχθηκαν δύο πιλοτικά αγροτεμάχια με έκταση 5 δεκάρια έκαστο, στα οποία εφαρμόζεται η προτεινόμενη τεχνολογία του IoT4Potato για δύο συνεχόμενες καλλιεργητικές περιόδους. Τα δεδομένα και αποτελέσματα της πρώτης καλλιεργητικής περιόδου χρησιμοποιούνται, κυρίως, για την προσαρμογή και βαθμονόμηση των επιστημονικών μοντέλων, ενώ ολοκληρωμένη συμβουλή προς τον αγρότη παρέχεται κατά τη δεύτερη καλλιεργητική περίοδο. Ωστόσο, η επεξεργασία των δεδομένων της πρώτης περιόδου δύναται να δώσει χρήσιμα αποτελέσματα. Στο άρθρο αυτό παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που αφορούν την άρδευση και τη φυτοπροστασία της πρώτης καλλιεργητικής περιόδου για το ένα αγροτεμάχιο (εφεξής «πιλοτικό αγροτεμάχιο»).

### Η ευφυής γεωργία στην πράξη

Πριν από την εγκατάσταση του τεχνολογικού εξοπλισμού στο πιλοτικό αγροτεμάχιο πραγματοποιήθηκε λεπτομερής ανάλυση εδάφους, ενώ καταγράφηκαν, με τη χρήση ειδικού ερωτηματολογίου, ιστορικά δεδομένα της περιοχής και του συγκεκριμένου αγροτεμαχίου σχετικά με τις καλλιεργητικές και κλιματολογικές συνθήκες, τις κοινές πρακτικές που εφαρμόζει ο παραγωγός και τους κυριότερους εκθροούς και ασθένειες της καλλιέργειας της πατάτας. Στο προκαταρκτικό αυτό στάδιο η συμβολή των δορυφορικών δεδομένων για τον καθορισμό εδαφικών και κλιματικών ζωνών αλλά και για την επιλογή αντιπροσωπευτικών τεμαχίων για την εγκατάσταση του εξοπλισμού είναι ζωτικής σημασίας.

Το πιλοτικό αγροτεμάχιο φυτεύτηκε με πατάτα ποικιλίας Sprunta στις 23 Σεπτεμβρίου 2019, ενώ ένα μικρό μέρος του χρησιμοποιήθηκε ως «μάρτυρας» για τη βαθμονόμηση και προσαρμογή των μοντέλων φυτοπροστασίας. Στις 24 Σεπτεμβρίου 2019 εγκαταστάθηκε στο αγροτεμάχιο ο απαραίτητος εξοπλισμός, ο οποίος περιλάμβανε έναν αυτόνομο τηλεμετρικό σταθμό (σταθμός gaisense) και πολυαισθητήρες εδάφους και φυτού/φυλλώματος (Εικόνα 1). Το αρδευτικό σύστημα που εγκαταστάθηκε στο αγροτεμάχιο αποτελούνταν από 176 μικροεκτοξευτήρες με παροχή 180 λίτρα/ώρα έκαστος. Η βασική λίπανση εφαρμόστηκε την ίδια μέρα με τη σπορά, ενώ στις 28 Νοεμβρίου 2019 εφαρμόστηκε επιφανειακή λίπανση μέσω του συστήματος άρδευσης (υδρολίπανση). Οι ασθένειες της πατάτας που κρίθηκαν από την ερευνητική ομάδα ως οι πιο σοβαρές για παρακολούθηση ήταν ο περονόσπορος (*Phytophthora infestans*) και η αλτερνάρια ή πρώιμος περονόσπορος (*Alternaria solani*).



Εικόνα 1: Εγκατάσταση εξοπλισμού στο πιλοτικό αγροτεμάχιο (1: Ατμοσφαιρικοί αισθητήρες, 2: Πολυαισθητήρες φυτού/φυλλώματος, 3: Πολυαισθητήρας εδάφους, 4: Κέντρο ελέγχου-αυτοματισμοί)

### Συλλογή δεδομένων

Από την ημέρα της εγκατάστασης του τηλεμετρικού σταθμού μέχρι τη συγκομιδή της καλλιέργειας καταγράφονταν σε ωριαία βάση οι τιμές σημαντικών αγροπεριβαλλοντικών παραμέτρων όπως θερμοκρασία και σχετική υγρασία αέρα, εδαφική υγρασία και αλατότητα σε τέσσερα διαφορετικά βάθη (10-40 cm), ηλιακή ακτινοβολία, ατμοσφαιρική πίεση, μέση ταχύτητα και κατεύθυνση ανέμου, βροχόπτωση,

καθώς και θερμοκρασία, σχετική υγρασία και επιφανειακή υγρασία του φυλλώματος. Παράλληλα με τα πιο πάνω, καταγράφονταν υπό μορφή ψηφιακού ημερολογίου όλες οι υφιστάμενες καλλιεργητικές πρακτικές του παραγωγού οι οποίες σχετίζονταν με τα φαινολογικά στάδια της καλλιέργειας, την άρδευση, τη λίπανση, τη φυτοπροστασία



Εικόνα 2: Εξοπλισμός για την καταγραφή της υδατικής κατάστασης του φυτού: Θάλαμος πίεσης (αριστερά) και πορόμετρο (δεξιά)

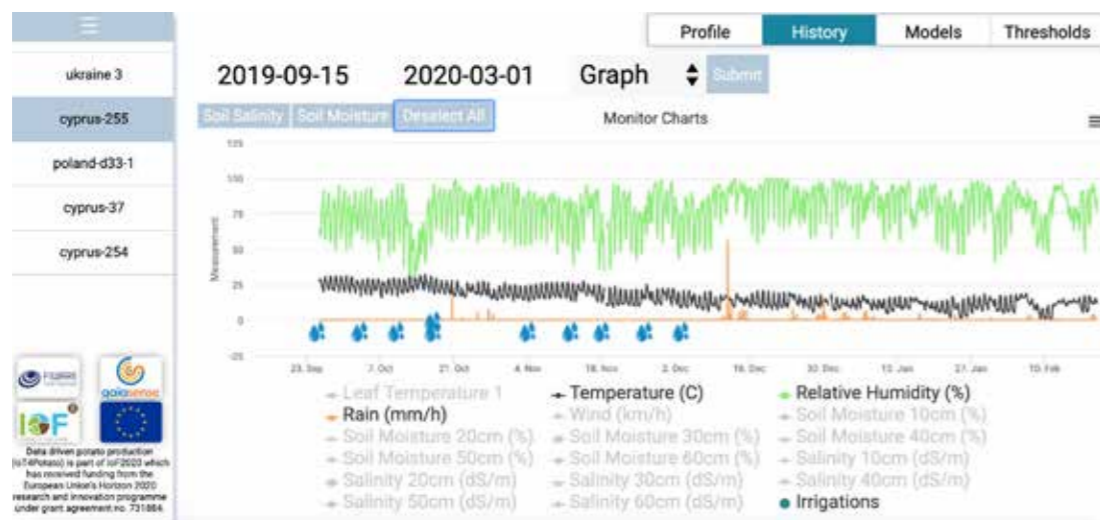


Εικόνα 3: Μέτρηση στοματικής αγωγιμότητας του φυλλώματος της πατάτας με πορόμετρο

Όλα τα πιο πάνω δεδομένα ενσωματώνονταν στη βάση δεδομένων του IoT4Potato (cloud-based data repository) και, ακολούθως, τύχαιαν επεξεργασία με ειδικά μοντέλα προσομοίωσης, με απώτερο στόχο την παραγωγή και παροχή στοχευμένης γεωργικής συμβουλής για βελτιστοποίηση των διαδικασιών άρδευσης, φυτοπροστασίας και λίπανσης. Η παραγόμενη συμβουλή, μαζί με επιλεγμένες αγροπεριβαλλοντικές μετρήσεις, παρέχονται στους τελικούς χρήστες (αγρότες, γεωργικοί σύμβουλοι) μέσω μίας φιλικής στον χρήστη διαδικτυακής εφαρμογής (web-based application). Στις Εικόνες 4 και 5 παρουσιάζονται επιλεγμένα στιγμιότυπα (snapshots) της διαδικτυακής εφαρμογής του IoT4Potato. Σχετικά με τον κίνδυνο προσβολής από τον περονόσπορο και την αλτερνάρια και τις σχετικές ειδοποιήσεις (alerts), τα αποτελέσματα του μοντέλου κυμαίνονται από 0 (καθόλου κίνδυνος) μέχρι 100 (όταν ο κίνδυνος βρίσκεται στο υψηλότερο επίπεδο) και ομαδοποιούνται σε τέσσερις κλάσεις ως εξής: R1-καθόλου κίνδυνος, R2-χαμηλός κίνδυνος, R3-μέτριος κίνδυνος, R4-υψηλός κίνδυνος, R5-πολύ υψηλός κίνδυνος. Γενικά, προτείνεται όπως ο παραγωγός λάβει προληπτικά μέτρα όταν ο κίνδυνος φτάσει στο τρίτο επίπεδο (μέτριος κίνδυνος), λαμβάνοντας φυσικά υπόψη πρόσθετες παραμέτρους όπως η τρέχουσα κατάσταση της καλλιέργειας, προηγούμενες εφαρμογές φυτοπροστατευτικών προϊόντων και η πρόγνωση του καιρού για την περιοχή.



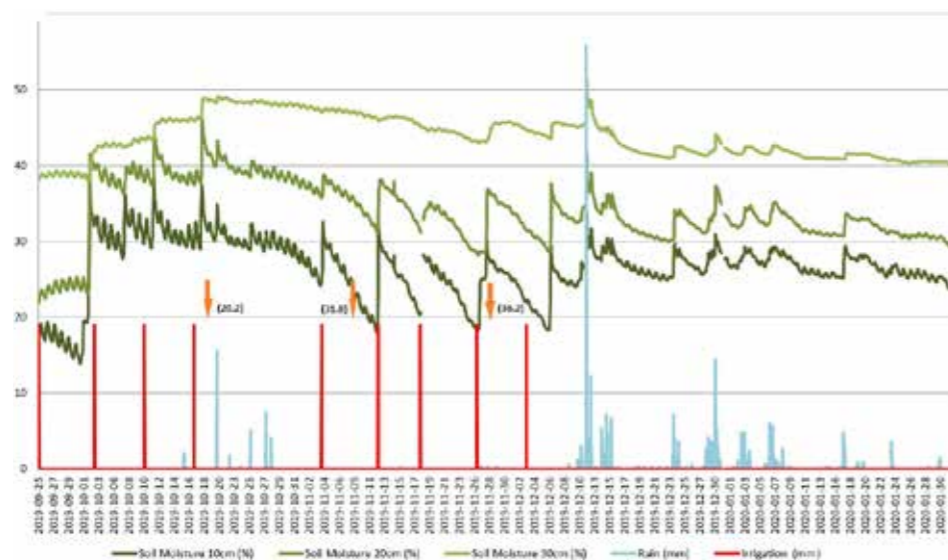
Εικόνα 4: Τρέχουσες περιβαλλοντικές συνθήκες, ενεργές ειδοποιήσεις (alerts) και πρόγνωση καιρού για το πιλοτικό αγροτεμάχιο



Εικόνα 5. Ιστορικό καταγεγραμμένων αγροπεριβαλλοντικών μετρήσεων για το πιλοτικό αγροτεμάχιο

### Ανάλυση των δεδομένων άρδευσης

Στην Εικόνα 6 παρουσιάζονται οι παράμετροι που σχετίζονται με την άρδευση στο πιλοτικό αγροτεμάχιο.



Εικόνα 6. Καταγεγραμμένη υγρασία εδάφους σε διαφορετικά βάθη σε συνδυασμό με τα γεγονότα άρδευσης και βροχοπτώσης. Τα βέλη στο σχήμα δείχνουν τον χρόνο και την ποσότητα άρδευσης που προτείνονται από το εργαλείο CropWat του Παγκόσμιου Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) για σκοπούς σύγκρισης.

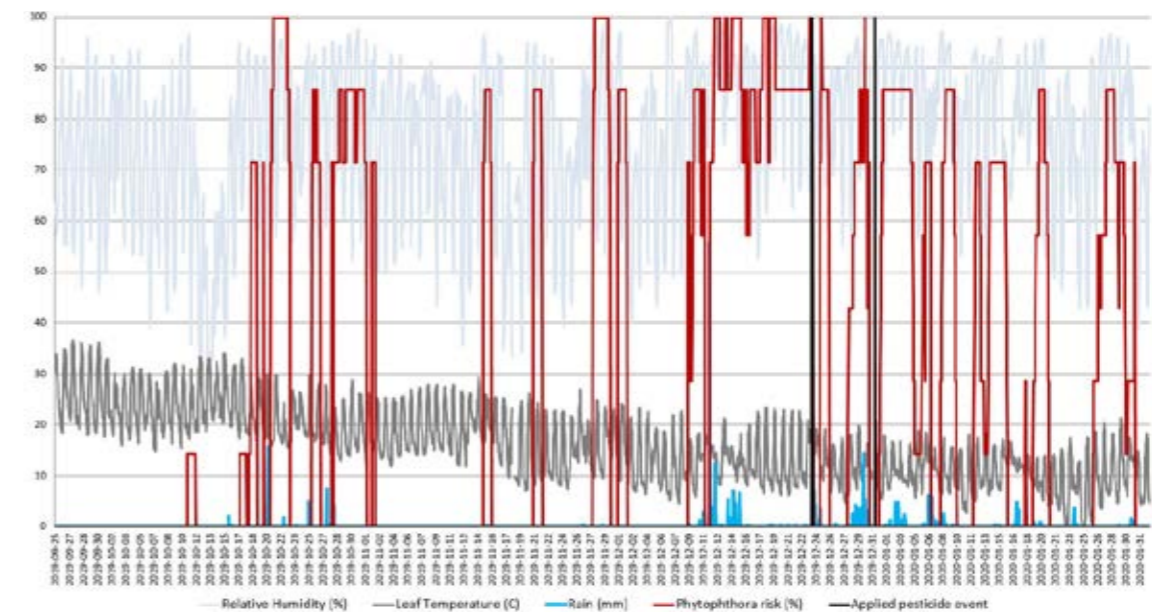
Από την Εικόνα 6 προκύπτει ότι στο πιλοτικό αγροτεμάχιο εφαρμόστηκαν συνολικά εννιά αρδεύσεις με την ίδια ακριβώς δόση (18,9 mm). Ωστόσο, η δόση άρδευσης θα μπορούσε να διαφοροποιηθεί με βάση το φαινολογικό στάδιο του φυτού. Για παράδειγμα, στα αρχικά αλλά και στα τελευταία στάδια ανάπτυξης του φυτού της πατάτας οι υδατικές ανάγκες είναι χαμηλότερες απ' ό,τι στο στάδιο ανάπτυξης των κονδύλων. Επιπλέον, σύμφωνα με τα δεδομένα εδαφικής υγρασίας, οι δύο αρδεύσεις που εφαρμόστηκαν στις 10/10/2019 και 17/10/2019 θα μπορούσαν να αποφευχθούν. Αυτό υποδεικνύει ότι θα μπορούσαν να εξοικονομηθούν περίπου 37,8 mm νερού άρδευσης που αντιστοιχεί σε 22% μείωση της συνολικής κατανάλωσης αρδευτικού νερού. Επίσης, η άρδευση που πραγματοποιήθηκε στις 26/11/2019 θα μπορούσε να εφαρμοστεί δύο ή τρεις ημέρες νωρίτερα όπου η υγρασία του εδάφους καταγράφηκε σε σχετικά χαμηλά επίπεδα. Μία άλλη σημαντική παρατήρηση σχετίζεται με την άρδευση που πραγματοποιήθηκε στις 3/12/2019. Παρόλο που στο ημερολόγιο του παραγωγού καταγράφηκε άρδευση στις

3/12/2019, οι τιμές της εδαφικής υγρασίας υποδεικνύουν αύξηση τρεις ημέρες μετά (6/12/2019). Παρόμοιες καταστάσεις έχουν, επίσης, παρατηρηθεί σε περιπτώσεις όπου η προσέγγιση της ευφυούς γεωργίας βρίσκεται σε στάδιο ανάπτυξης και οι αναφορές στο ημερολόγιο του παραγωγού δεν είναι πάντα ακριβείς.

Για σκοπούς σύγκρισης, υπολογίστηκαν οι υδατικές ανάγκες της καλλιέργειας με τη χρήση του εργαλείου CropWat του Παγκόσμιου Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) (Εικόνα 6). Τα αποτελέσματα ενισχύουν τα ευρήματα του IoT4Potato για παροχή 22% περισσότερης άρδευσης από τον παραγωγό στα αρχικά στάδια ανάπτυξης του φυτού, στα οποία θεωρείται λιγότερο ευαίσθητο απ' ό,τι σε μεταγενέστερα στάδια ανάπτυξης (σχηματισμός κονδύλων). Βάσει των δεδομένων που συλλέχθηκαν από τους αισθητήρες εδάφους, προτείνεται να αυξηθεί η υγρασία του εδάφους κοντά στο 40% σε βάθος 30 cm, κυρίως μετά τον σχηματισμό των κονδύλων ή γενικά να διατηρείται η υγρασία του εδάφους στη ζώνη ριζοστρώματος μεταξύ του 20% και 40%.

### Ανάλυση των δεδομένων φυτοπροστασίας

Στην Εικόνα 7 παρουσιάζεται μέρος των καταγεγραμμένων περιβαλλοντικών παραμέτρων μαζί με τον εκτιμώμενο κίνδυνο προσβολής από περονόσπορο (Phytophthora infestans). Από το γράφημα της Εικόνας 7 προκύπτει ότι υφίσταται μία προφανής σχέση μεταξύ του εκτιμώμενου κινδύνου προσβολής από περονόσπορο και των περιβαλλοντικών παραμέτρων, ήτοι της βροχοπτώσης, της υγρασίας και της θερμοκρασίας. Η σχέση αυτή είναι περισσότερο εμφανής στις χρονικές περιόδους 20-23/10/2019 και 12-24/12/2019. Σημειώνεται ότι, κατά τη συγκεκριμένη καλλιεργητική περίοδο, δεν παρατηρήθηκε γενικά σοβαρή προσβολή από περονόσπορο στην περιοχή.



Εικόνα 7. Καταγεγραμμένες περιβαλλοντικές μεταβλητές και εκτιμώμενος κίνδυνος προσβολής (%) από περονόσπορο (Phytophthora infestans)

εφαρμογή θα μπορούσε να είχε αποφευχθεί αφού η θερμοκρασία κυμαινόταν κάτω από τους 20°C και, ως εκ τούτου, ο κίνδυνος προσβολής ήταν σχετικά χαμηλός. Όσον αφορά την αλτερνάρια, παρόλο που εκτιμήθηκε ο κίνδυνος προσβολής, δεν καταγράφηκε από τον παραγωγό οποιαδήποτε προσβολή και δεν εφαρμόστηκε οποιοδήποτε φυτοπροστατευτικό προϊόν.

### Επίλογος - Συμπεράσματα

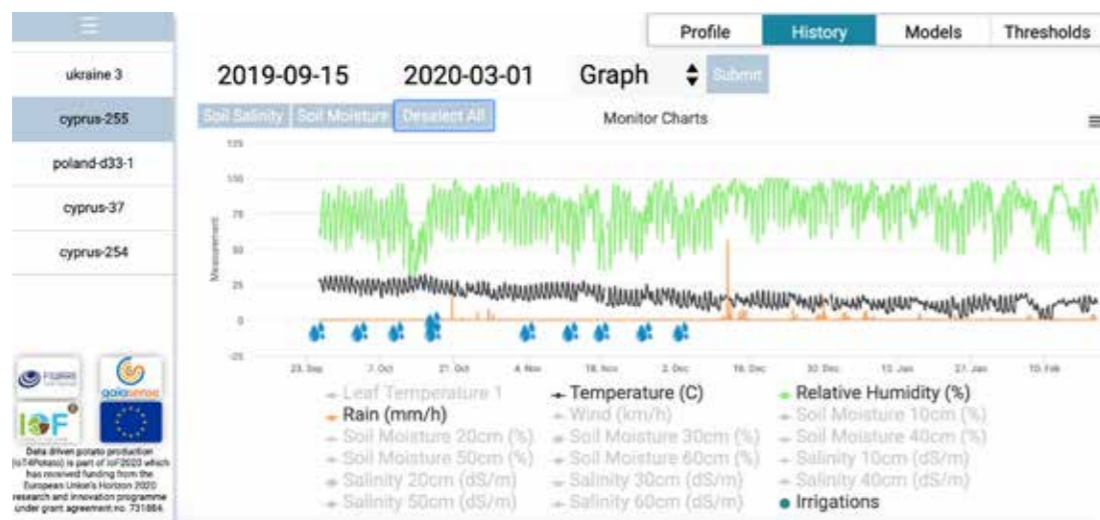
Η υιοθέτηση και χρήση τεχνολογιών ευφυούς γεωργίας στην Κύπρο βρίσκεται ακόμη σε χαμηλά επίπεδα. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στη σχετικά μεγάλη ηλικία και το χαμηλό μορφωτικό επίπεδο των παραγωγών, στον χαμηλό βαθμό εξοικειώσής τους με τις νέες τεχνολογίες καθώς και στην έλλειψη εμπιστοσύνης των παραγωγών στην αποτελεσματικότητα των τεχνολογιών αυτών. Στο πλαίσιο αυτό, η συμμετοχή σε σχετικά ευρωπαϊκά προγράμματα όπως είναι το IoT4Potato προσφέρει ευκαιρίες για καινοτομία και επιλογές για προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή. Δύναται, επίσης, να αποκαλύψει τα οφέλη που προκύπτουν από την αξιοποίηση των «έξυπνων» γεωργικών τεχνολογιών και να ενισχύσει την υιοθέτησή τους από τους Κύπριους παραγωγούς. Η αλληλεπίδραση με τεχνολογικά προηγμένες χώρες και η μεταφορά εμπειριών και τεχνολογίας στον τομέα της ευφυούς γεωργίας μέσω της συμμετοχής σε καινοτομία ερευνητικά προγράμματα αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες υιοθέτησης και χρήσης των νέων τεχνολογιών.

Από τα πρώτα αποτελέσματα του IoT4Potato διαφαίνεται ότι πιθανόν να υφίστανται σημαντικά οφέλη από την αξιοποίηση των τεχνολογιών ευφυούς γεωργίας. Στις 20/02/2020 ο

Ωστόσο, σύμφωνα με το ημερολόγιο του παραγωγού, παρατηρήθηκε προσβολή από περονόσπορο στις 23/12/2019. Η παρατήρηση αυτή του παραγωγού είναι σύμφωνη με τα αποτελέσματα του μοντέλου φυτοπροστασίας για τον περονόσπορο, καθώς ο εκτιμώμενος κίνδυνος προσβολής παραμένει σε υψηλά επίπεδα την περίοδο 13-25/12/2019. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 7, ο παραγωγός εκτέλεσε δύο εφαρμογές φυτοπροστατευτικών προϊόντων, μία στις 24/12/2019 και μία στις 31/12/2019. Σύμφωνα, όμως, με τον εκτιμώμενο κίνδυνο προσβολής του IoT4Potato, η πρώτη εφαρμογή θα μπορούσε να είχε πραγματοποιηθεί νωρίτερα, στις 16/12/2019, αυξάνοντας έτσι την αποτελεσματικότητα πρόληψης του περονόσπορου. Από την άλλη, η δεύτερη

τεχνολογικός εξοπλισμός του IoT4Potato εγκαταστάθηκε στο δεύτερο πιλοτικό αγροτεμάχιο, και τα δεδομένα υπόκεινται σε επεξεργασία. Αναμένεται ότι τα τελικά αποτελέσματα και από τα δύο πιλοτικά αγροτεμάχια θα ενισχύσουν την υπόθεση ότι η ευφυής γεωργία μπορεί να συμβάλει σημαντικά στη μείωση του κόστους παραγωγής και στην προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας. Επιπρόσθετα, οι τελικές υπηρεσίες ευφυούς γεωργίας που θα αναπτυχθούν στο πλαίσιο του IoT4Potato δύνανται να αποτελέσουν εργαλεία υποστήριξης των γεωπονικών υπηρεσιών, των γεωργικών εφαρμογών και του Υπουργείου Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος. Τέλος, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι, στο πλαίσιο της ευφυούς γεωργίας, ο ρόλος των γεωργικών συμβούλων παραμένει σημαντικός ώστε η παραγόμενη συμβουλή να ερμηνεύεται, να εφαρμόζεται και να παρακολουθείται όσο το δυνατόν αποτελεσματικότερα.

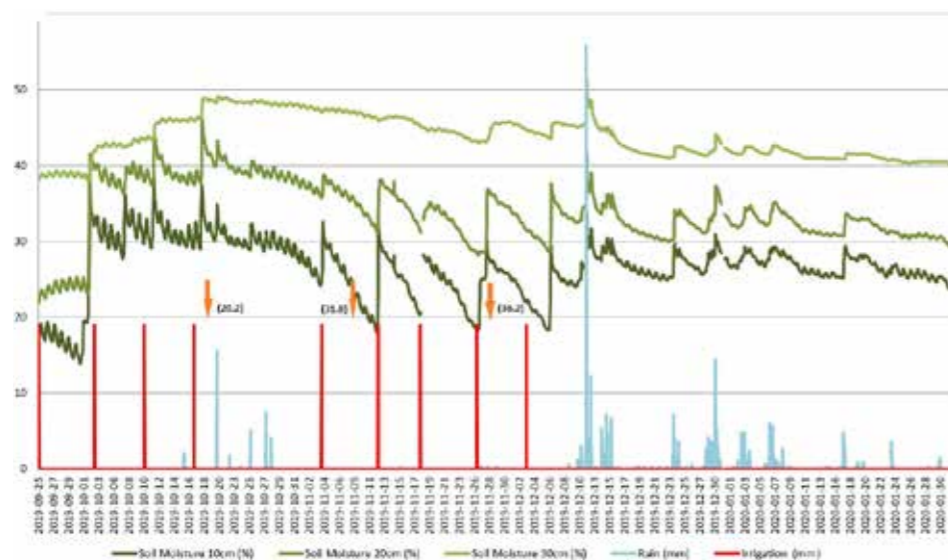
Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με το έργο IoT4Potato, οι ενδιαφερόμενοι/ες μπορούν να επισκεφθούν την ιστοσελίδα του προγράμματος IoF2020 (<https://www.iof2020.eu/trials/arable/data-driven-potato-farming>), καθώς και τις σελίδες του IoT4Potato στο Facebook (<https://www.facebook.com/lot4potato>), Twitter (<https://twitter.com/lot4potato>) και LinkedIn (<https://www.linkedin.com/company/iot4potato/>). Περαιτέρω λεπτομέρειες για τα πρώτα αποτελέσματα του πρώτου πιλοτικού στην Κύπρο είναι, επίσης, διαθέσιμες στο άρθρο ελεύθερης πρόσβασης που δημοσιεύτηκε πρόσφατα από την ερευνητική ομάδα του IoT4Potato στο έγκριτο επιστημονικό περιοδικό «Atmosphere» (<https://www.mdpi.com/2073-4433/11/6/557/html>).



Εικόνα 5. Ιστορικό καταγεγραμμένων αγροπεριβαλλοντικών μετρήσεων για το πιλοτικό αγροτεμάχιο

### Ανάλυση των δεδομένων άρδευσης

Στην Εικόνα 6 παρουσιάζονται οι παράμετροι που σχετίζονται με την άρδευση στο πιλοτικό αγροτεμάχιο.



Εικόνα 6. Καταγεγραμμένη υγρασία εδάφους σε διαφορετικά βάθη σε συνδυασμό με τα γεγονότα άρδευσης και βροχοπτώσης. Τα βέλη στο σχήμα δείχνουν τον χρόνο και την ποσότητα άρδευσης που προτείνονται από το εργαλείο CropWat του Παγκόσμιου Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) για σκοπούς σύγκρισης.

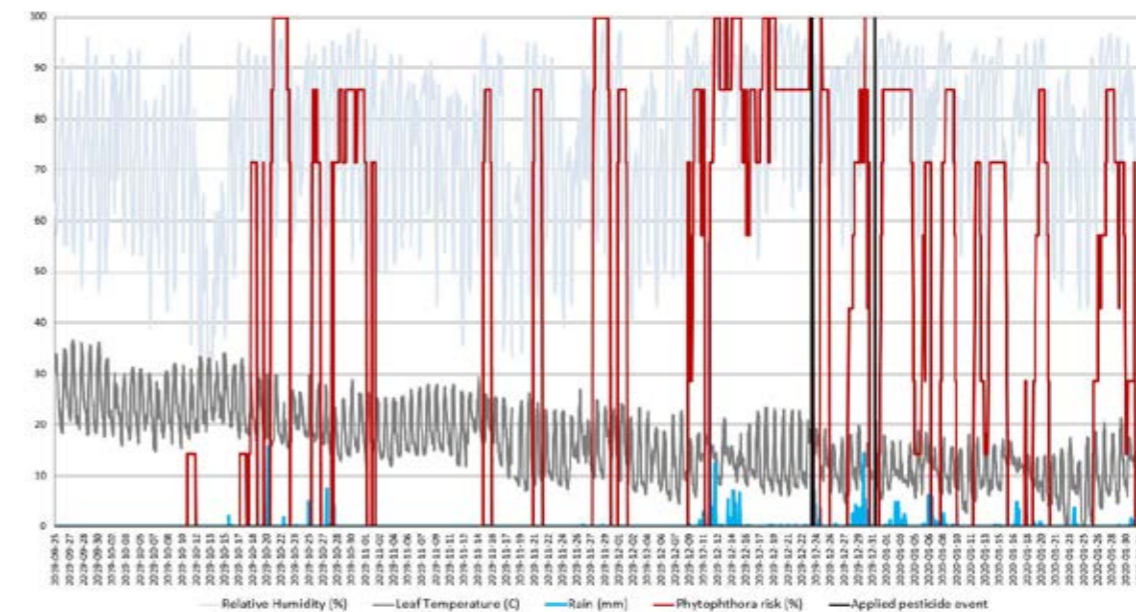
Από την Εικόνα 6 προκύπτει ότι στο πιλοτικό αγροτεμάχιο εφαρμόστηκαν συνολικά εννιά αρδεύσεις με την ίδια ακριβώς δόση (18,9 mm). Ωστόσο, η δόση άρδευσης θα μπορούσε να διαφοροποιηθεί με βάση το φαινολογικό στάδιο του φυτού. Για παράδειγμα, στα αρχικά αλλά και στα τελευταία στάδια ανάπτυξης του φυτού της πατάτας οι υδατικές ανάγκες είναι χαμηλότερες απ' ό,τι στο στάδιο ανάπτυξης των κονδύλων. Επιπλέον, σύμφωνα με τα δεδομένα εδαφικής υγρασίας, οι δύο αρδεύσεις που εφαρμόστηκαν στις 10/10/2019 και 17/10/2019 θα μπορούσαν να αποφευχθούν. Αυτό υποδεικνύει ότι θα μπορούσαν να εξοικονομηθούν περίπου 37,8 mm νερού άρδευσης που αντιστοιχεί σε 22% μείωση της συνολικής κατανάλωσης αρδευτικού νερού. Επίσης, η άρδευση που πραγματοποιήθηκε στις 26/11/2019 θα μπορούσε να εφαρμοστεί δύο ή τρεις ημέρες νωρίτερα όπου η υγρασία του εδάφους καταγράφηκε σε σχετικά χαμηλά επίπεδα. Μία άλλη σημαντική παρατήρηση σχετίζεται με την άρδευση που πραγματοποιήθηκε στις 3/12/2019. Παρόλο που στο ημερολόγιο του παραγωγού καταγράφηκε άρδευση στις

3/12/2019, οι τιμές της εδαφικής υγρασίας υποδεικνύουν αύξηση τρεις ημέρες μετά (6/12/2019). Παρόμοιες καταστάσεις έχουν, επίσης, παρατηρηθεί σε περιπτώσεις όπου η προσέγγιση της ευφυούς γεωργίας βρίσκεται σε στάδιο ανάπτυξης και οι αναφορές στο ημερολόγιο του παραγωγού δεν είναι πάντα ακριβείς.

Για σκοπούς σύγκρισης, υπολογίστηκαν οι υδατικές ανάγκες της καλλιέργειας με τη χρήση του εργαλείου CropWat του Παγκόσμιου Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) (Εικόνα 6). Τα αποτελέσματα ενισχύουν τα ευρήματα του IoT4Potato για παροχή 22% περισσότερης άρδευσης από τον παραγωγό στα αρχικά στάδια ανάπτυξης του φυτού, στα οποία θεωρείται λιγότερο ευαίσθητο απ' ό,τι σε μεταγενέστερα στάδια ανάπτυξης (σχηματισμός κονδύλων). Βάσει των δεδομένων που συλλέχθηκαν από τους αισθητήρες εδάφους, προτείνεται να αυξηθεί η υγρασία του εδάφους κοντά στο 40% σε βάθος 30 cm, κυρίως μετά τον σχηματισμό των κονδύλων ή γενικά να διατηρείται η υγρασία του εδάφους στη ζώνη ριζοστρώματος μεταξύ του 20% και 40%.

### Ανάλυση των δεδομένων φυτοπροστασίας

Στην Εικόνα 7 παρουσιάζεται μέρος των καταγεγραμμένων περιβαλλοντικών παραμέτρων μαζί με τον εκτιμώμενο κίνδυνο προσβολής από περονόσπορο (Phytophthora infestans). Από το γράφημα της Εικόνας 7 προκύπτει ότι υφίσταται μία προφανής σχέση μεταξύ του εκτιμώμενου κινδύνου προσβολής από περονόσπορο και των περιβαλλοντικών παραμέτρων, ήτοι της βροχοπτώσης, της υγρασίας και της θερμοκρασίας. Η σχέση αυτή είναι περισσότερο εμφανής στις χρονικές περιόδους 20-23/10/2019 και 12-24/12/2019. Σημειώνεται ότι, κατά τη συγκεκριμένη καλλιεργητική περίοδο, δεν παρατηρήθηκε γενικά σοβαρή προσβολή από περονόσπορο στην περιοχή.



Εικόνα 7. Καταγεγραμμένες περιβαλλοντικές μεταβλητές και εκτιμώμενος κίνδυνος προσβολής (%) από περονόσπορο (Phytophthora infestans)

εφαρμογή θα μπορούσε να είχε αποφευχθεί αφού η θερμοκρασία κυμαινόταν κάτω από τους 20°C και, ως εκ τούτου, ο κίνδυνος προσβολής ήταν σχετικά χαμηλός. Όσον αφορά την αλτερνάρια, παρόλο που εκτιμήθηκε ο κίνδυνος προσβολής, δεν καταγράφηκε από τον παραγωγό οποιαδήποτε προσβολή και δεν εφαρμόστηκε οποιοδήποτε φυτοπροστατευτικό προϊόν.

### Επίλογος - Συμπεράσματα

Η υιοθέτηση και χρήση τεχνολογιών ευφυούς γεωργίας στην Κύπρο βρίσκεται ακόμη σε χαμηλά επίπεδα. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στη σχετικά μεγάλη ηλικία και το χαμηλό μορφωτικό επίπεδο των παραγωγών, στον χαμηλό βαθμό εξοικειώσής τους με τις νέες τεχνολογίες καθώς και στην έλλειψη εμπιστοσύνης των παραγωγών στην αποτελεσματικότητα των τεχνολογιών αυτών. Στο πλαίσιο αυτό, η συμμετοχή σε σχετικά ευρωπαϊκά προγράμματα όπως είναι το IoT4Potato προσφέρει ευκαιρίες για καινοτομία και επιλογές για προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή. Δύναται, επίσης, να αποκαλύψει τα οφέλη που προκύπτουν από την αξιοποίηση των «έξυπνων» γεωργικών τεχνολογιών και να ενισχύσει την υιοθέτησή τους από τους Κύπριους παραγωγούς. Η αλληλεπίδραση με τεχνολογικά προηγμένες χώρες και η μεταφορά εμπειριών και τεχνολογίας στον τομέα της ευφυούς γεωργίας μέσω της συμμετοχής σε καινοτομία ερευνητικά προγράμματα αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες υιοθέτησης και χρήσης των νέων τεχνολογιών.

Από τα πρώτα αποτελέσματα του IoT4Potato διαφαίνεται ότι πιθανόν να υφίστανται σημαντικά οφέλη από την αξιοποίηση των τεχνολογιών ευφυούς γεωργίας. Στις 20/02/2020 ο

Ωστόσο, σύμφωνα με το ημερολόγιο του παραγωγού, παρατηρήθηκε προσβολή από περονόσπορο στις 23/12/2019. Η παρατήρηση αυτή του παραγωγού είναι σύμφωνη με τα αποτελέσματα του μοντέλου φυτοπροστασίας για τον περονόσπορο, καθώς ο εκτιμώμενος κίνδυνος προσβολής παραμένει σε υψηλά επίπεδα την περίοδο 13-25/12/2019. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 7, ο παραγωγός εκτέλεσε δύο εφαρμογές φυτοπροστατευτικών προϊόντων, μία στις 24/12/2019 και μία στις 31/12/2019. Σύμφωνα, όμως, με τον εκτιμώμενο κίνδυνο προσβολής του IoT4Potato, η πρώτη εφαρμογή θα μπορούσε να είχε πραγματοποιηθεί νωρίτερα, στις 16/12/2019, αυξάνοντας έτσι την αποτελεσματικότητα πρόληψης του περονόσπορου. Από την άλλη, η δεύτερη

τεχνολογικός εξοπλισμός του IoT4Potato εγκαταστάθηκε στο δεύτερο πιλοτικό αγροτεμάχιο, και τα δεδομένα υπόκεινται σε επεξεργασία. Αναμένεται ότι τα τελικά αποτελέσματα και από τα δύο πιλοτικά αγροτεμάχια θα ενισχύσουν την υπόθεση ότι η ευφυής γεωργία μπορεί να συμβάλει σημαντικά στη μείωση του κόστους παραγωγής και στην προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας. Επιπρόσθετα, οι τελικές υπηρεσίες ευφυούς γεωργίας που θα αναπτυχθούν στο πλαίσιο του IoT4Potato δύνανται να αποτελέσουν εργαλεία υποστήριξης των γεωπονικών υπηρεσιών, των γεωργικών εφαρμογών και του Υπουργείου Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος. Τέλος, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι, στο πλαίσιο της ευφυούς γεωργίας, ο ρόλος των γεωργικών συμβούλων παραμένει σημαντικός ώστε η παραγόμενη συμβουλή να ερμηνεύεται, να εφαρμόζεται και να παρακολουθείται όσο το δυνατόν αποτελεσματικότερα.

Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με το έργο IoT4Potato, οι ενδιαφερόμενοι/ες μπορούν να επισκεφθούν την ιστοσελίδα του προγράμματος IoF2020 (<https://www.iof2020.eu/trials/arable/data-driven-potato-farming>), καθώς και τις σελίδες του IoT4Potato στο Facebook (<https://www.facebook.com/iot4potato>), Twitter (<https://twitter.com/iot4potato>) και LinkedIn (<https://www.linkedin.com/company/iot4potato/>). Περαιτέρω λεπτομέρειες για τα πρώτα αποτελέσματα του πρώτου πιλοτικού στην Κύπρο είναι, επίσης, διαθέσιμες στο άρθρο ελεύθερης πρόσβασης που δημοσιεύτηκε πρόσφατα από την ερευνητική ομάδα του IoT4Potato στο έγκριτο επιστημονικό περιοδικό «Atmosphere» (<https://www.mdpi.com/2073-4433/11/6/557/html>).