



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΟΙΝΟΥ, ΑΜΠΕΛΟΥ ΚΑΙ ΠΟΤΩΝ**

**Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών στην
Επιστήμη Οίνου και Ζύθου
Κατεύθυνση: Οίνος**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

**"Διερεύνηση δυνατοτήτων εφαρμογής ψηφιακού
μετασχηματισμού στα πλαίσια της 4ης Βιομηχανικής
Επανάστασης "Industry 4.0" ως ένα ολοκληρωμένο σύστημα
διαχείρισης στην αλυσίδα Άμπελος – Οίνος."**

Του

ΓΡΗΓΟΡΙΟΥ ΖΑΦΕΙΡΕΛΛΗ

Παρουσιάστηκε για τη μερική εκπλήρωση των υποχρεώσεων για την απονομή του
Μεταπτυχιακού Τίτλου Σπουδών στο Τμήμα Επιστημών Οίνου, Αμπέλου & Ποτών
του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής

Επιβλέπων: Δρ. ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΜΠΕΡΗΣ

ΑΘΗΝΑ, 2022



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA
SCHOOL OF FOOD SCIENCES
DEPARTMENT OF WINE, VINE & BEVERAGE SCIENCES**

**Master of Science in
Wine and Beer Science
Option: Wine**

Master Thesis

“Exploration of the possibility of application of digital transformation within the 4th industrial revolution - “Industry 4.0” as a management system in the vine-wine chain”

**By
Grigorios Zafeirellis**

Presented for the partial fulfillment of the obligations for the award of the Master's Degree in the Department of Wine, Vine and Beverage Sciences of the University of West Attica

Supervisor: Dr. Evangelos Beris

Athens, 2022

Διασαφήσεις

Οι υπογράφωντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία (master thesis) με τίτλο «Διερεύνηση δυνατοτήτων εφαρμογής ψηφιακού μετασχηματισμού στα πλαίσια της 4ης Βιομηχανικής Επανάστασης “Industry 4.0” ως ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης στην αλυσίδα Άμπελος – Οίνος.» που παρουσιάστηκε από τον Γρηγόριο Ζαφειρέλλη και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

The signatories declare that we have examined the postgraduate diploma thesis titled “**Title of Master Thesis**” presented by Grigorios Zafeirellis and we affirm that it is accepted.

Όνοματεπώνυμο & Υπογραφή 1ου Μέλους Επιτροπής
(Name and Signature of 1st Commission Member):

.....
Όνοματεπώνυμο & Υπογραφή 2^{ου} Μέλους Επιτροπής
(Name and Signature of 2nd Commission Member):

.....
Όνοματεπώνυμο & Υπογραφή 3^{ου} Μέλους Επιτροπής
(Name and Signature of 3rd Commission Member):

.....
Με την υποβολή αυτής της διατριβής, δηλώνω ότι το σύνολο των εργασιών που περιέχονται σε αυτή είναι το δικό μου, πρωτότυπο έργο, ότι εγώ είμαι ο μοναδικός δημιουργός τους (εκτός αν αναφέρεται διαφορετικά), ότι η αναπαραγωγή και η δημοσίευσή της από το Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής δεν θα παραβιάζει οποιαδήποτε δικαιώματα τρίτων και ότι δεν έχω υποβάλει στο παρελθόν το σύνολο ή μέρος αυτής για την απόκτηση οποιουδήποτε τίτλου.

By submitting this thesis, I declare that the entirety of the work contained therein is my own, original work, that I am the sole author thereof (save to the extent explicitly otherwise stated), that reproduction and publication thereof by University of West Attica will not infringe any third party rights and that I have not previously in its entirety or in part submitted it for obtaining any qualification.

Όνοματεπώνυμο & Υπογραφή Υποψηφίου
(Surname and first name of the candidate):



Γρηγόριος Ζαφειρέλλης – Grigirios Zafeirellis

Πνευματική ιδιοκτησία © 2022 Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής
Όλα τα δικαιώματα διατηρούνται

Copyright © 2022 University of West Attica
All rights reserved

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σε αυτή την εργασία γίνεται διερεύνηση των αρχών του ψηφιακού μετασχηματισμού σαν εφαρμογή της Βιομηχανίας 4.0, της τέταρτης βιομηχανικής επανάστασης που συντελείται στις μέρες μας, στην αλυσίδα από τον αμπελώνα μέχρι την κατανάλωση του οίνου από τον καταναλωτή.

Η συγκυρία της εξέλιξης των ψηφιακών τεχνολογιών στις επικοινωνίες και τα συστήματα πληροφοριών επιτρέπει την εφαρμογή σε ευφυή και ελεγχόμενη παραγωγή στον αγρό και την μεταποίηση, σαν ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης.

Αναλύεται η σχετικά αργή υιοθέτηση των ψηφιακών τεχνολογιών στην αμπελοκαλλιέργεια και την οινοποίηση παράλληλα με τα προσδοκόμενα οφέλη του ψηφιακού μετασχηματισμού που επιτελείται στις μέρες μας σε κάθε πεδίο. Η επίδραση στην οικονομία, σε μία επικερδή γεωργία, αειφορία, την ποιότητα και την συμμόρφωση με τους νέους κρατικούς Ευρωπαϊκούς και παγκόσμιους κανονισμούς.

Νέοι έξυπνοι αισθητήρες, η τεχνολογία blockchain, η τεχνητή νοημοσύνη και το «Διαδίκτυο των Πραγμάτων» παράγουν μεγάλες ποσότητες δεδομένων σε λογικό κόστος. Τα μεγάλα δεδομένα (Big Data) τα οποία χρησιμοποιούνται από τα εμπειρικά συστήματα και με τεχνικές εξόρυξης δεδομένων για την λήψη σωστών και έγκαιρων λήψεων απόφασης στον αγρό την οινοπαραγωγή και το διαμετακομιστικό εμπόριο.

Ο ψηφιακός μετασχηματισμός υποβοηθά στην λήψη των σωστών αποφάσεων στον σωστό χρόνο με χαμηλότερο κόστος και στην παραγωγή του καθορισμένου τελικού προϊόντος στις μεταβαλλόμενες κλιματικές και καιρικές συνθήκες παραλλακτικότητα εδάφους και αλληλοεπιδρώσες παρεμβάσεις τεχνικών και επιστημόνων.

Όπως φαίνεται από τις έρευνες οι σωστές αποφάσεις ξεκινούν από την επιλογή κατάλληλης τοποθεσίας εγκατάστασης, του σωστού υποκειμένου και κλώνου που θα καλλιεργηθεί με μακροχρόνια πρόβλεψη κλιματικών και καιρικών μεταβολών. Συνεχίζεται με τις σωστές στον κατάλληλο χρόνο καλλιεργητικές επεμβάσεις για μείωση πιθανότητας ασθeneιών και βέλτιστη ωρίμανση και στο σωστό χρόνο συγκομιδή.

Καλύτερα ελεγχόμενη ζύμωση και σε συντομότερο χρόνο καθώς και παρακολούθηση της παλαίωσης και της ποιότητας του τελικού προϊόντος κατά την μεταφορά του, μέχρι και τον τελικό καταναλωτή. Η όλη διαδικασία παρακολουθείται μακριά από το φυσικό περιβάλλον λαμβάνοντας σε κάθε στιγμή υπόψη όλα τα δεδομένα σε συνδυασμό με τα ιστορικά και την προηγούμενη εμπειρία για πιο ασφαλή καθοδήγηση και έλεγχο όλης της διαδικασίας σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα διαχείρισης.

Λέξεις κλειδιά: Ψηφιακός μετασχηματισμός, Οινολογία, Αμπελουργία, Ευφυής γεωργία, Γεωργία ακριβείας.

ABSTRACT

“Exploration of the possibility of application of digital transformation within the 4th industrial revolution - “Industry 4.0” as an integrated management system, in the vine-wine chain”

Grigorios Zafeirellis
Department of Wine, Vine & Beverage Sciences,
University of West Attica, 2022

In this work there is an exploration of the principles of digital transformation as an application of Industry 4.0, the fourth industrial revolution that is taking place in our days, in the chain from the vineyard to the consumption of wine by the consumer.

The timing of evolution of digital technologies in communication and information systems permits the application of smart and controlled field production and manufacture as an integrated management system.

The slower adoption of digital technologies in viticulture and vinification is analyzed together with the foreseeable benefits of the digital transformation taking place in our days in every field. In economy, profitable farming, sustainability, quality, compliance with new country, European and worldwide regulations.

New smart sensors, blockchain technology, artificial intelligence and the Internet of Things produce big amounts of data with reasonable cost. The “Big Data” that are used together with expert systems and data mining technics for the right on time decisions in the field, wine production and logistics.

Digital transformation assists in taking the right decisions in time, with lower costs and producing the specified final product in the diverse climate and weather conditions, soil variability, in interacting interventions of technicians and scientists.

As can be seen in the researches the right decisions begin with the appropriate site selection, clone and rootstock selection with the help of long term weather and climate prediction. They continue with the right on time cultivation practices to minimize disease possibilities, optimum ripening and harvest timing.

Better control of the fermentation process in shorter time, observation of aging and final product quality on the way from transportation to the final consumer. The whole process is monitored away from the natural environment taking into account all the data in correlation with historic data and previous experience for a safer guidance and control of the whole process as an integrated management system.

Keywords: Digital transformation, Viticulture, Enology, Smart farming, Precision agriculture.

Αφιέρωση

Αφιερώνω την εργασία αυτή στον πατέρα μου που χάθηκε νωρίς.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω πολύ αρχικά τον Δρα Ευάγγελο Μπερή που με τις εντυπωσιακές διαλέξεις του μας μετέδωσε εκτός από την βαθιές θεωρητικές και πρακτικές γνώσεις του, το πάθος του για το αντικείμενο και την επιστήμη της Οινολογίας.

Το Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής που μου έδωσε άλλη μία φορά την ευκαιρία να αποκτήσω ουσιαστικά εφόδια Ακαδημαϊκής συνέχειας υψηλού επιπέδου με άμεση επιστημονική και τεχνολογική εφαρμογή.

Βιβλιογραφικό CV

Γρηγόριος Ζαφειρέλλης

Μεταπτυχιακός Τίτλος Σπουδών
«Επιστήμη Οίνου και Ζύθου», κατεύθυνση: Οίνος

Τίτλος:

Επιστημονικό Πεδίο:

Βιογραφικά Στοιχεία:

Προσωπικά Στοιχεία:

Εκπαίδευση: BSc Τεχνολογίας
Τροφίμων ΤΕΙ Αθηνών

Εκπλήρωσε τις απαιτήσεις για το Μεταπτυχιακό Τίτλο Σπουδών Επιστήμη Οίνου & Ζύθου με κατεύθυνση: Οίνος στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, Τμήμα Επιστημών Οίνου, Αμπέλου & Ποτών, τον Ιούνιο, 2022.

ΕΓΚΡΙΣΗ ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΟΣ: Δρ. Ευάγγελος Μπερής

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	i
ABSTRACT	ii
Αφιέρωση	iii
Ευχαριστίες	iv
Βιβλιογραφικό CV	v
Κατάλογος Σχημάτων	vii
Συντμήσεις, ακρωνύμια, σύμβολα και ορισμοί	viii
1 Εισαγωγή και Σκοπός της Εργασίας	1
2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση	2
2.1 Η 4 ^η Βιομηχανική επανάσταση.....	2
2.2 Ψηφιακός και αναλογικός κόσμος.....	4
2.3 Γεωργία Ακριβείας και Αμπελώνας	6
2.4 Διαδίκτυο των πραγμάτων (Internet of things - Iot) και Βιομηχανία 4.0.....	12
2.5 Τεχνολογία Blockchain.....	13
2.6 Μεγάλα Δεδομένα, χρήση και ιδιοκτησία, εξόρυξη, πρόβλεψη.....	14
2.7 Τεχνητή νοημοσύνη, Μηχανική μάθηση και αναγνώριση προτύπων.....	17
2.8 Εγκατάσταση Αμπελώνα και κλιματική μεταβολή.....	18
2.9 Terroir και ψηφιακή τεχνολογία.....	20
2.10 Πρόβλεψη ασθενειών	22
2.11 Η ώρα της συγκομιδής.....	26
2.12 Ζύμωση 4.0	29
2.13 Χημειομετρία και αποτύπωμα Οίνου	30
2.14 Το Ψηφιακό Δίδυμο.....	32
2.15 Μηχανική μάθηση, πρόβλεψη και blending.....	33
2.16 Logistics 4.0 και ψηφιακός μετασχηματισμός.....	38
3 Συμπεράσματα	39
4 Βιβλιογραφία	40

Κατάλογος Σχημάτων

Εικ: 1.Χρονικό των 4 Βιομηχανικών επαναστάσεων (Paksoy, 2021).	2
Εικ: 2. Εφαρμογή Γεωργίας Ακριβείας στην Ελβετία, (Groher, 2020).....	6
Εικ: 3. Πραγματικός αγρός (Hroob, 2021).	8
Εικ: 4. Προσομοίωση (Hroob, 2021).	8
Εικ: 5. Τα στάδια φυτικής ανάπτυξης του μοντέλου (Hroob, 2021).....	9
Εικ: 6. Εικόνα από την μπροστινή κάμερα του ρομπότ (Hroob, 2021).	9
Εικ: 7. Κεντρική εικόνα στο τελικό στάδιο ανάπτυξης (Hroob, 2021).	10
Εικ: 8. Το σύστημα ρομπότ και αισθητήρων συλλογής δεδομένων (Rovira, 2021).	10
Εικ: 9.Η αυτόματη πρόταση ζωνών συγκομιδής μετά την επεξεργασία δεδομένων (Rovira, 2021).....	11
Εικ: 10.Ιδιότητες τεχνολογίας Blockchain (Tanwar Sudeep, 2021), “Blockchain for 5G-Enabled IoT The new wave for Industrial Automation”.....	13
Εικ: 11. Πολυδιάστατο διάγραμμα 3V ανάπτυξης δεδομένων με τον χρόνο (Frampton M. 2015, σελ.2).	14
Εικ: 12. Ελάχιστα απαραίτητα μεγάλα δεδομένα στην αμπελοκαλλιέργεια (Patel, 2021).	16
Εικ: 13. Φαινόμενα σχετιζόμενα με την εμφάνιση Περονόσπορου (Trilles, 2019)	22
Εικ: 14. Εξέλιξη του μοντέλου Goldanich για την ανιχνευόμενη προσβολή Περονόσπορου (Trilles, 2019).	23
Εικ: 15. Εξέλιξη του ωιδίου την άνοιξη (Trilles, 2019).	23
Εικ: 16. Εξέλιξη του ωιδίου το καλοκαίρι (Trilles, 2019).	24
Εικ: 17. Εξέλιξη της πιθανότητας μόλυνσης από μαύρη σήψη (Trilles, 2019).	24
Εικ: 18. Ανιχνεύσεις βοτρυτή (Trilles, 2019).....	25
Εικ: 19. Πρόβλεψη ο Brix με υπερφασματικές εικόνες (Pulido, 2022).	27
Εικ: 20. Πρόβλεψη ανθοκυανών σε δείγματα Syrah (Pulido, 2022).....	28
Εικ: 21. Πρόβλεψη ολικών φαινολικών σε γίγαρτα Syrah κατά την διάρκειά ωρίμανσης (Pulido, 2022).	28
Εικ: 22. Χρόνος ζύμωσης, κόκκινο χρώμα κλασικός, μπλέ αυτοματοποιημένος, BM=Οινοποιείο Borgo Molino , FP= Οινοποιείο Forli Predappio, (Giovenzana, 2021).	29
Εικ: 23. Οργανοληπτικά προφίλ 4 οικονομικών Οίνων Το κέντρο του διαγράμματος αφορά χαμηλές εντάσεις και η περιφέρεια υψηλές εντάσεις Chardonnay (Bisson L. , Nature, Αύγουστος 2002).	30
Εικ: 24. Η αρχιτεκτονική 3 επιπέδων του ψηφιακού διδύμου ευφυούς Γεωργίας (Sung Y. 2022).	32
Εικ: 25. 1=Δείγμα οίνου, 2=Οικονομική ηλεκτρονική μύτη, 3=Υπολογιστής συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων, 4=Φασματογράφος εγγύς υπέρυθρου μάθησης (Viejo, 2022).	33
Εικ: 26. Ανάλυση χρωματικών παραμέτρων PF= μετά την κύρια ζύμωση, MF=μετά την μηλογαλακτική ζύμωση, PB= προ ανάμιξης-blending (Ranaweera, 2022).	34
Εικ: 27. Ανάλυση και διαχωρισμός ανάλογα της προέλευσης με μοριακό αποτύπωμα φθορισμού με PCA (Ranaweera, 2022).....	35
Εικ: 28. Πρόβλεψη διαχωρισμού σε τάξεις με την μέθοδο CV (Ranaweera, 2022).	35
Εικ: 29. Απόλυτη ταύτιση μετρούμενου και προβλεπόμενου ποσοστού Grenache στο μείγμα του blending (Ranaweera, 2022).	36
Εικ: 30. Απόλυτη ταύτιση μετρούμενου και προβλεπόμενου ποσοστού Cabernet Chauvignon στο μείγμα του blending (Ranaweera, 2022).	36

Συντμήσεις, ακρωνύμια, σύμβολα και ορισμοί

5G Η τελευταία γενιά κινητής κυψελωτής τηλεφωνίας με μεγαλύτερες δυνατότητες και ταχύτητα μεταφοράς δεδομένων

Ορθοφωτογραφία: Είναι μία εναέρια φωτογραφία ή εικόνα δορυφόρου γεωμετρικά διορθωμένη έτσι ώστε η κλίμακά της να είναι ομοιόμορφη.

AI Artificial Intelligence – Τεχνητή νοημοσύνη

Iot Internet of things – Το διαδίκτυο των πραγμάτων

IIot Industrial Internet of things – Το Βιομηχανικό διαδίκτυο των πραγμάτων

Machine Learning – Μηχανική μάθηση – αποτελεί μέρος της Τεχνητής Νοημοσύνης

1 Εισαγωγή και Σκοπός της Εργασίας

Τι είναι ο ψηφιακός μετασχηματισμός και γιατί πραγματοποιείται τώρα;

Πολλές δομικές πλευρές της εξελίσσονται αρκετές δεκαετίες τώρα, από μία νηπιακή μορφή σε διαρκή εξέλιξη. Τα ψηφιακά ηλεκτρονικά, η κυψελωτή τηλεφωνία, η τεχνητή νοημοσύνη, η ρομποτική.

Τώρα όμως είναι η εποχή που η κοινωνική αποδοχή λόγω της ανάγκης επικοινωνίας, παραγωγής, επεξεργασίας και αποθήκευσης μεγάλων όγκων δεδομένων οδήγησε την βιομηχανία σε εκθετική εξέλιξη με παράλληλη μείωση του κόστους.

Οδήγησε τα ογκώδη και δύσχρηστα φορητά μέσα επικοινωνίας για λίγους των πρώτων ετών στις πολύ εύχρηστες, απίστευτων πριν λίγο δυνατοτήτων και λογικού και ολοένα μειούμενου κόστους, πολυλειτουργικές συσκευές 5G και αυτό συνεχίζεται.

Τα παραγόμενα δεδομένα είναι τεράστια σε όγκο, δημιουργούνται επεξεργάζονται και αποθηκεύονται με μεγάλη ευκολία. Ο μέσος πληθυσμός μορφώνεται περισσότερο ώστε να το προχωρήσει παραπέρα, ο γενικός πληθυσμός γίνεται πιο δεκτικός στην αφομοίωση της τεχνολογίας και την χρήση της και ταυτόχρονα η σύγχρονη ζωή του συναινεί στην γενναιόδωρη χρηματοδότηση της παραπέρα εξέλιξης.

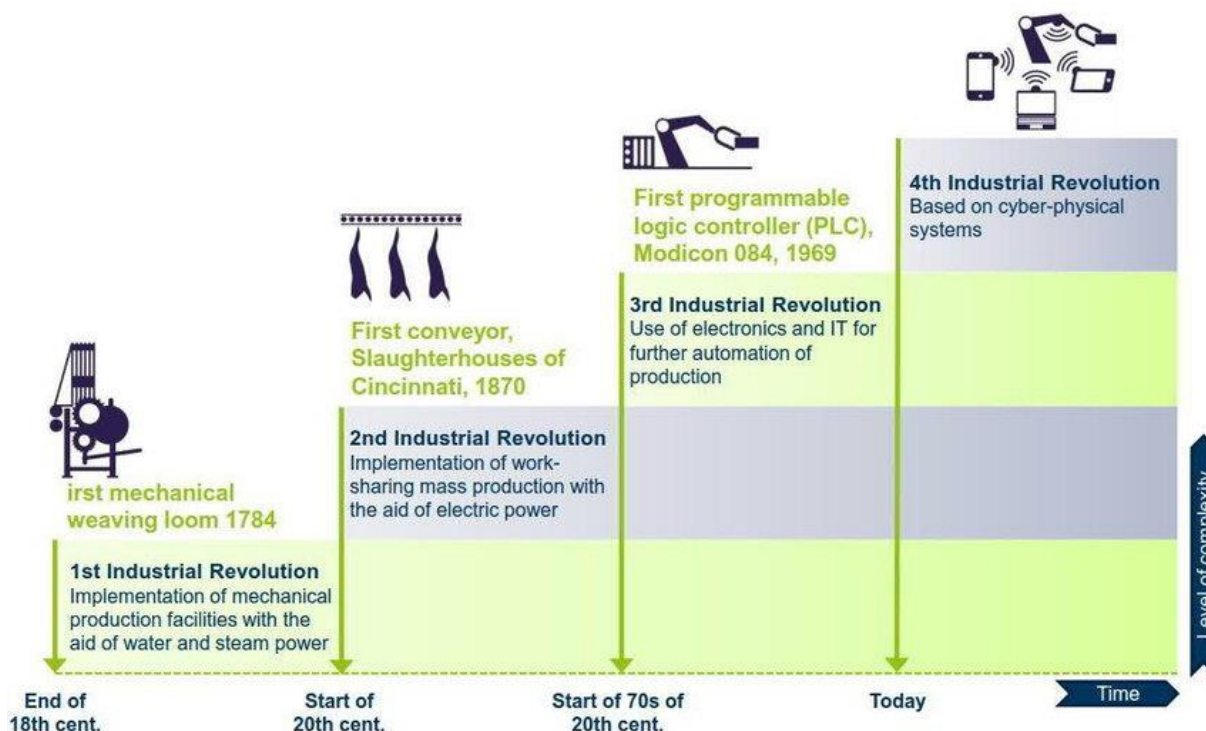
Αυτή λοιπόν είναι η κατάλληλη στιγμή που είναι φθινό και διαθέσιμο το υλικό και λογισμικό που θα κάνει εύκολα εφικτή την εκτίναξη της γενικής και καθολικής ψηφιακής μεταμόρφωσης των πάντων.

Στην Αμπελουργία και Οινοποίηση η εφαρμογή των τεχνολογιών αυτών οδηγεί σε υιοθέτηση της Ευφυούς Γεωργίας και της Ολοκληρωμένης διαχείρισης. Τεχνολογίες που επιτρέπουν ήδη την συνεχή σταδιακή μετάβαση σήμερα είναι το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Iot – Internet of Things), η τεχνητή νοημοσύνη (AI – Artificial Intelligence), τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, η τηλεπισκόπηση και οι βελτιούμενες εφαρμογές ευφυούς ελέγχου και αυτοματισμού διαδικασιών.

2 Βιβλιογραφική ανασκόπηση

2.1 Η 4^η Βιομηχανική επανάσταση

Βρισκόμαστε στην εξέλιξη της 4^{ης} Βιομηχανικής επανάστασης. Ποια είναι τα χαρακτηριστικά της και ποιες είναι οι άλλες τρεις;



Εικ: 1.Χρονικό των 4 Βιομηχανικών επαναστάσεων ([Paksoy, 2021](#)).

Η Βιομηχανική Επανάσταση αναφέρεται στην Οικονομική Ανάπτυξη. Η πρώτη Βιομηχανική επανάσταση (1770-1840) που ταυτίζεται με την Βιομηχανοποίηση ξεκίνησε από την Μεγάλη Βρετανία που ήταν η πρώτη βιομηχανική χώρα. Η μετάβαση δεν ήταν απότομη αλλά βαθιά και εκτεταμένη αφού πήρε έναν αιώνα. Παρόλα αυτά το κατά κεφαλήν εισόδημα άρχισε να αυξάνεται κατά 1% μετά το 1840 ([Paksoy, 2021](#)).

Κακές σοδειές, πόλεμοι, αύξηση πληθυσμού και αλλαγές στην οικονομική δομή έφεραν καθυστέρηση ειδικά στην πρωτοπόρο Μεγάλη Βρετανία. Στις άλλες χώρες η οικονομική ανάπτυξη ήρθε πιο γρήγορα μαζί με την βιομηχανοποίηση. Επεκτάθηκε σε όλο και περισσότερες πλευρές του πλανήτη και οδήγησε την παραγωγή από οικοτεχνίες σε ειδικά οικήματα παραγωγής αποκλειστικά για αυτό τον σκοπό ([Paksoy T. 2021](#)).

Η Δεύτερη Βιομηχανική Επανάσταση χρονολογείται γενικά μεταξύ 1870 και 1914 (αρχή του Α' Παγκοσμίου Πολέμου) και οφείλεται κυρίως στην εξάπλωση της ηλεκτροδότησης και την κατανομή της εργασίας. Αυτή ξεκίνησε από το Ohio των Ηνωμένων πολιτειών με ταινίες μεταφοράς στα σφαγεία του Cincinnati και κορυφώθηκε με την παραγωγή σε αλυσίδα συναρμολόγησης του μοντέλου T της Ford. Η καθιέρωση των γραμμών παραγωγής και μεταφορικών ταινιών εκτόξευσε την παραγωγή ([Paksoy, 2021](#)).

Η τρίτη Βιομηχανική Επανάσταση που ονομάζεται και ψηφιακή επανάσταση ξεκίνησε στο δεύτερο μισό του 20^{ου} αιώνα και κρατά μέχρι τις μέρες μας, αφορά την μεταφορά από την μηχανολογική και αναλογική ηλεκτρονική τεχνολογία στην ψηφιακή τεχνολογία με επακόλουθο την ψηφιακή αποθήκευση της πληροφορίας και την κυψελωτή τηλεφωνία. Η σπίθα καινοτομίας ήταν με τον πρώτο προγραμματιζόμενο ελεγκτή της Modicon το 1969 και οδήγησε σταδιακά στα σημερινά επίπεδα αυτοματισμού.

Με την ωρίμανσή της και την εξέλιξη της κυψελωτής τηλεφωνίας στην σημερινή 5 G, την εξέλιξη των αισθητήρων στους σημερινούς έξυπνους αισθητήρες, την ανάπτυξη εξελιγμένου λογισμικού με χρήση τεχνητής νοημοσύνης ήρθε η ώρα διαδικτυακής διασύνδεσης των πάντων καθώς διαβαίνουμε την 4^η Βιομηχανική επανάσταση.

Η 4^η Βιομηχανική επανάσταση αφορά τον ψηφιακό μετασχηματισμό της βιομηχανικής παραγωγής και ο όρος Βιομηχανία 4.0 ξεκίνησε από την Γερμανία σαν ένα όραμα για το μέλλον. Οι πρωτοπόροι σχεδιαστές αυτοματισμού το βλέπουν σαν «Κυβερνο-φυσικά» συστήματα, δηλαδή ολοκληρωμένα συστήματα που περιλαμβάνουν υπολογιστικά στοιχεία συνδεδεμένα με φυσικά στοιχεία και διαδικασίες ([Boulila, 2019](#)).

Το πρώτο συνθετικό είναι πολύ παλιό στην επιστήμη του ελέγχου (Cybernetics) και προέρχεται από την Ελληνική λέξη «κυβερνώ». Τα συστήματα αυτά με την χρήση αισθητήρων αποκτούν βαθύτερη κατανόηση του περιβάλλοντος με κατανομημένη ευφυΐα στον χώρο και λύνουν προβλήματα που το κάθε ένα μέρος του φυσικού και υπολογιστικού δεν θα μπορούσε να λύσει από μόνο του ([Boulila, 2019](#)).

Χαρακτηριστικό της 4^{ης} Βιομηχανικής επανάστασης είναι η γρηγορότερη και ευρύτερη διεξόδου σε σχέση με τις προηγούμενες που σε κάποια μέρη ακόμα είναι σε εξέλιξη. Η 2^η Βιομηχανική Επανάσταση έχει να καλύψει ακόμα το 17% του πληθυσμού της γης καθώς 1,3 δις άνθρωποι δεν έχει πρόσβαση στον ηλεκτρισμό. Η δε 3^η Βιομηχανική επανάσταση έχει να επισκεφθεί πάνω από τον μισό πληθυσμό της γης που δεν έχει πρόσβαση στο ίντερνετ. Το αδράκτι της 1^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης πήρε 120 χρόνια για να βγει από τα σύνορα της Ευρώπης ([Schwab, 2019](#)).

Ένα μάθημα λοιπόν από τις προηγούμενες βιομηχανικές επαναστάσεις είναι ότι ο εναγκαλισμός των καινοτομιών της τεχνολογίας είναι βασικός παράγοντας προόδου. Η 4^η Βιομηχανική επανάσταση είναι διαφορετική ως προς το ότι είναι πιο ευρεία με ταυτόχρονη εξέλιξη της νανοτεχνολογίας, της γενετικής, της ρομποτικής, των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τόσων άλλων. Αποτέλεσμα είναι η ταχύτατη εξέλιξη σε πολλά πεδία όπως οι έξυπνες πόλεις. Για παράδειγμα οι πρωτοπόρες Σιγκαπούρη και Βαρκελώνη δουλεύουν συνεχώς στα πεδία του παρκκάριατος, συλλογή σκουπιδιών, φωτισμός με χρήση αισθητήρων και επεξεργασίας δεδομένων([Schwab, 2019](#)).

Επίδραση φυσικά υπάρχει και στην απασχόληση αλλά είναι προσωρινή. Κάποιες εργασίες καταργούνται και κάποιες άλλες δημιουργούνται. Οι εργαζόμενοι προσαρμόζονται ή μεταφέρονται αλλού. Στις ΗΠΑ στις αρχές του 19^{ου} αιώνα οι εργάτες γης ήταν 90% και σήμερα είναι λιγότερο του 2%. Αυτή η δραματική μείωση έγινε σχετικά ομαλά με μικρή κοινωνική αναστάτωση η ενδημική ανεργία. Εργασίες που απαιτούσαν βαριά ή επαναλαμβανόμενη και ακριβή εργασία έχουν ήδη αντικατασταθεί ([Schwab, 2019](#)).

2.2 Ψηφιακός και αναλογικός κόσμος.

Στην φύση τα μεγέθη που μετράμε είναι αναλογικά δηλαδή παίρνουν συνεχώς μεταβαλλόμενες τιμές σε κάποιες περιοχές τιμών. Αντίθετα οι μέχρι σήμερα επικρατούντες υπολογιστές μιλάνε σε έναν ψηφιακό κόσμο με δύο μόνο λογικές τιμές, το μηδέν (0) και το ένα (1) άσχετα πως αυτό εκφράζεται σε φυσική μορφή μέσα στο σύστημα.

Ο αισθητήρας είναι το απαραίτητο στοιχείο που μετατρέπει το φυσικό μέγεθος που θέλουμε να μετρήσουμε σε πληροφορία ηλεκτρικού μεγέθους. Αν είναι απαραίτητη η μετατροπή ενέργειας από μία μορφή σε άλλη (πχ ενέργεια σε δύναμη και μετατόπιση) αυτό επιτυγχάνεται με τους μετατροπείς μορφής (transducers). Ο ανιχνευτής είναι μία διάταξη που επίσης χρησιμοποιείται στον έλεγχο και συστήματα ασφάλειας και δίνει σήμα όταν κάποιο φυσικό μέγεθος περάσει ένα προκαθορισμένο κατώφλι τιμής. Πχ θερμοκρασία πάνω ή κάτω από ένα όριο ([Καλοβρέκτης, 2019](#)).

Η μετρολογία χρησιμοποιεί την βαθμονόμηση (καλιμπράρισμα) ώστε να ελέγχεται και να εξασφαλίζεται περιοδικά η ακρίβεια ενός αισθητήρα ή μετατροπέα και άρα η αξιοπιστία των μετρήσεων. Το ηλεκτρικό σήμα από τον αισθητήρα περνάει από μία βαθμίδα προσαρμογής όπου ανάλογα με τις ανάγκες παραπέρα επεξεργασίας η πληροφορία που αποκτήθηκε να μπορεί να απεικονιστεί, να καταγραφεί ή να αποθηκευτεί σαν ψηφιακά δεδομένα ([Καλοβρέκτης, 2019](#)).

Στην βαθμίδα προσαρμογής μπορεί να γίνεται:

- ενίσχυση ή εξασθένιση του σήματος
- απομόνωση (να μην υπάρχει φυσική επαφή του αισθητήρα με το σύστημα)
- φιλτράρισμα του σήματος (αφαίρεση ανεπιθύμητων χαρακτηριστικών και θορύβου)
- γραμμικοποίηση (μεταβολή του σήματος με κατάλληλο ηλεκτρικό σύστημα ή λογισμικό ώστε η έξοδος του σήματος να είναι γραμμική ως προς το φυσικό ερέθισμα).

Παραδείγματα μετρήσεων φυσικών μεγεθών που λαμβάνουμε με αυτές τις διατάξεις για την μέτρηση και τον έλεγχο είναι μετρήσεις:

- Θέσης και μετατόπισης, γραμμικά ή γωνιακά με βάση συντεταγμένες.
- Στάθμης, σε μία δεξαμενή ή κοιλότητα.
- Θερμοκρασίας (εδάφους, αέρα, υγρών υδρολίπανσης)
- Πυκνότητας και πίεσης
- Ροής
- Ταχύτητας και επιτάχυνσης
- Δύναμης και ροπής
- Μαγνητικών πεδίων
- Ασθενών και υψηλών ρευμάτων
- Αφής
- Οπτικών μεγεθών
- Ακουστικών μεγεθών
- Ιονίζουσας ακτινοβολίας

- Χημικών μεγεθών (O₂ CO₂,
- Φυσικών μεγεθών

Σε κάθε περίπτωση η αναλογική πληροφορία για να είναι ουσιαστικότερα χρησιμοποιήσιμη σε ένα ψηφιακό σύστημα πρέπει να μετατραπεί σε ψηφιακή. Τα σύγχρονα συστήματα που συλλέγουν, απεικονίζουν και καταγράφουν αυτά τα σήματα με την τεχνολογία των υπολογιστών ονομάζονται συστήματα συλλογής δεδομένων (Data Acquisition Systems). Ένα πολύ γνωστό και διαδεδομένο λογισμικό τέτοιας επεξεργασίας σε εργαστηριακό, επιστημονικό και βιομηχανικό επίπεδο είναι το LabView της National Instruments ([Καλοβρέκτης, 2019](#)).

Η μετατροπή των αναλογικών ηλεκτρικών σημάτων σε ψηφιακά περιλαμβάνει τα στάδια:

- **Δειγματοληψία.** Λαμβάνονται δείγματα από το αναλογικό σήμα σε τακτά διαστήματα με συχνότητα που ονομάζεται συχνότητα δειγματοληψίας.
- **Κβαντοποίηση.** Τα διακριτά πλάτη σήματος αντιστοιχίζονται σε ένα πεπερασμένο σύνολο τιμών. Υπάρχει συγκεκριμένος αριθμός επιπέδων σήματος που διαιρούν τις τιμές πλάτους σε **ίσα** τμήματα.
- **Κωδικοποίηση.** Κάθε κβαντοποιημένη στάθμη αντιστοιχίζεται σε δυαδική πληροφορία (πχ 0 και 1).

Τέλος η σύγχρονη τάση που χρησιμοποιείται στην ευφυή γεωργία και στον ψηφιακό μετασχηματισμό που μελετάται εδώ είναι οι **έξυπνοι αισθητήρες**. Ένας έξυπνος αισθητήρας μπορεί να περιλαμβάνει:

- Περισσότερα από ένα στοιχεία για την μέτρηση περισσότερων φυσικών μεγεθών με ταυτόχρονη μεταφορά (πολύπλεξη).
- Σύστημα επικοινωνίας σε συγκεκριμένο πρωτόκολλο.
- Αποστολή και λήψη δεδομένων σε συγκεκριμένες διευθύνσεις δικτύου.
- Μονάδα συγχρονισμού ψηφιακού ρολογιού (ώστε να υπάρχει στο σύστημα αναφορά του πραγματικού χρόνου).
- Μονάδα διαχείρισης ενέργειας.
- Διάταξη αντιστάθμισης και ελέγχου για αυτόματη βαθμονόμηση (auto calibration).
- Μονάδες ελέγχου ενεργοποιητών.

Έτσι οι έξυπνοι αισθητήρες εξελισσόμενοι σε όλο και μεγαλύτερο βαθμό ολοκλήρωσης, συγκέντρωσης δηλαδή πολλών λειτουργιών σε όλο και μικρότερου μεγέθους διατάξεις αποτελούν ένα βελτιωμένο σύστημα συλλογής δεδομένων (Data Acquisition) που εκτός από τις απλές λειτουργίες του αισθητήρα έχει δυνατότητα ελέγχου, βαθμονόμησης του εαυτού του, απομακρυσμένη επιτήρηση και άλλα.

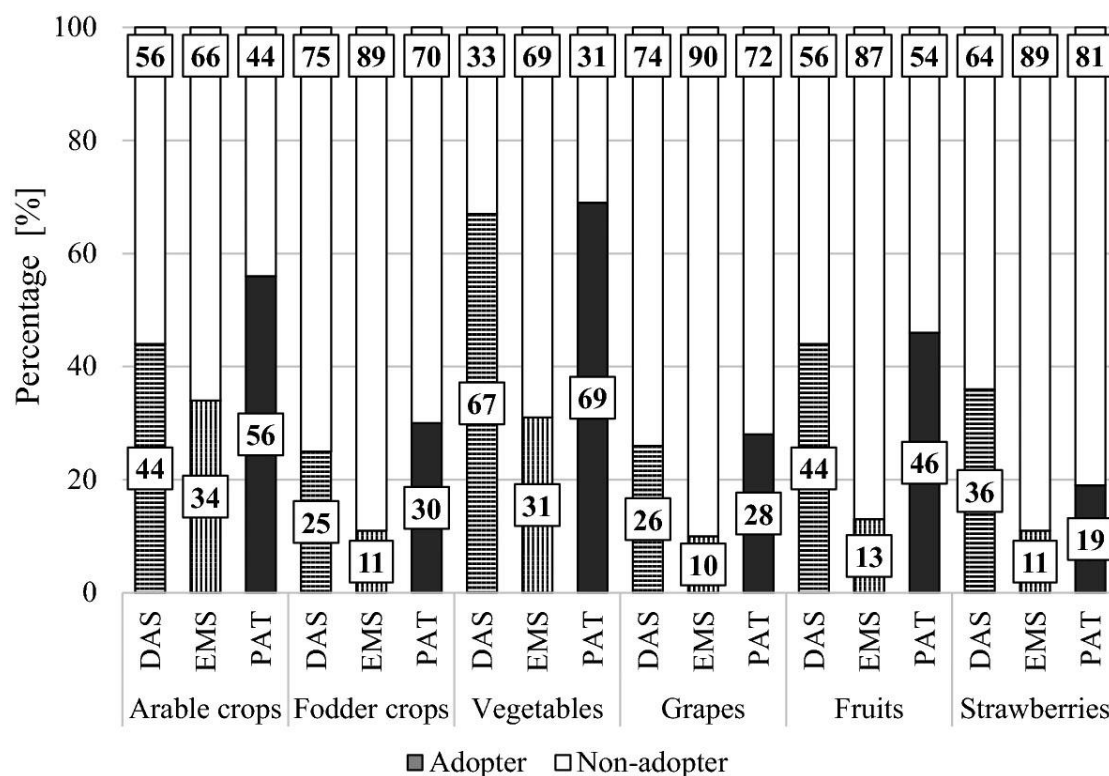
2.3 Γεωργία Ακριβείας και Αμπελώνας

Η υιοθέτηση ψηφιακών τεχνολογιών στην Γεωργία αφορά την χρήση ηλεκτρονικών συσκευών, ρομπότ, αισθητήρων, αυτοματισμού σε συνδυασμό με την χρησιμοποίηση της επικοινωνίας και της πληροφορίας.

Σχετίζεται με τους όρους Ευφυής Γεωργία, Γεωργία Ακριβείας, Ψηφιακή Γεωργία ή Γεωργία 4.0. Στόχος είναι η απλοποίηση των αυτόματων διαδικασιών, η μείωση των σωματικών εργασιών ή και μετατροπή τους σε πνευματική εργασία, αύξηση της κερδοφορίας, μείωση οικολογικού αποτυπώματος, ολοκληρωμένη διαχείριση και διαχείριση αποφάσεων (Groher T, 2020).

Ένας πρόσφατος ορισμός της Γεωργίας Ακριβείας, καθότι είναι ακόμα ένας ρευστός ορισμός, είναι αυτός του ISPA (International Society of Precision Agriculture – Διεθνής Κοινότητα Γεωργίας Ακριβείας). «Γεωργία Ακριβείας είναι μία στρατηγική διαχείρισης που συγκεντρώνει επεξεργάζεται και αναλύει προσωρινά, χωρικά και εξατομικευμένα δεδομένα και σε συνδυασμό με άλλα υποστηρίζει την λήψη αποφάσεων σύμφωνα με την εκτιμώμενη παραλλακτικότητα για βελτιωμένη χρήση αγαθών, παραγωγικότητα, ποιότητα, κερδοφορία και αειφορία της Αγροτικής παραγωγής.» (Groher, 2020).

Σύμφωνα με μελέτη της εφαρμογής Γεωργίας Ακριβείας στην Ελβετική πραγματικότητα τα αποτελέσματα στατιστικής επεξεργασίας ήταν τα παρακάτω.



Εικ: 2. Εφαρμογή Γεωργίας Ακριβείας στην Ελβετία, (Groher, 2020)

Το σκούρο μέρος του διαγράμματος αφορά το ποσοστό καλλιεργητών που υιοθέτησαν και το λευκό τους υπόλοιπους στην Ευφυή Γεωργία ανά καλλιέργεια.

- DAS- Driver Assistance Systems - Συστήματα καθοδήγησης οδηγού γεωργικών μηχανημάτων.
- EMS – Electronic Measuring Systems – Συστήματα Ηλεκτρονικής Μέτρησης
- PAT - Precision Agricultural enabling Technology – Γενικά δυνατότητα συγχώνευσης Γεωργίας Ακριβείας, με την δυσκολία ερμηνείας του ορισμού.

Θα πρέπει να σημειώσουμε ότι παρά την ποικιλότητα εδάφους της Ελβετίας υπάρχει τάση αύξησης του μέσου κλήρου (κάτι που είναι πρόβλημα στην Ελλάδα επίσης) και άρα ο αριθμός των κάπως μεγάλων κτημάτων αυξάνεται και ότι έχει δοθεί γενναία επιδότηση από το κράτος της Ελβετίας για υιοθέτηση ψηφιακών τεχνολογιών.

Οι καλλιεργητές κηπευτικών είναι όπως φαίνεται στην έρευνα πιο εξοικειωμένοι με νέες τεχνολογίες και αυτοματισμούς ενώ οι καλλιεργητές πολυετών εξειδικευμένων καλλιεργειών είναι πιο διστακτικοί. Επίσης όσο μεγαλύτερη είναι η χρησιμοποιούμενη γη τόσο πιο πιθανό είναι να γίνει επένδυση σε τέτοιες τεχνολογίες. Στους αμπελώνες εκτός του ότι είναι μία εξειδικευμένη πολυετής καλλιέργεια η συχνή περίπτωση χρήσης κεκλιμένων εδαφών κάνει πιο πιθανή κυρίως την χρήση drones για ψεκασμούς ακριβείας ([Groher, 2020](#)).

Επειδή δε η κάθε καλλιέργεια πρέπει να ανταποκρίνεται στους όλο και αυστηρότερους κανονισμούς και απαιτήσεις των καταναλωτών για ποιότητα, η χρήση τέτοιων τεχνολογιών πρέπει να επεκτείνεται μετασυσλλεκτικά αλλά και στην αποθήκευση και την λιανική (Logistics).

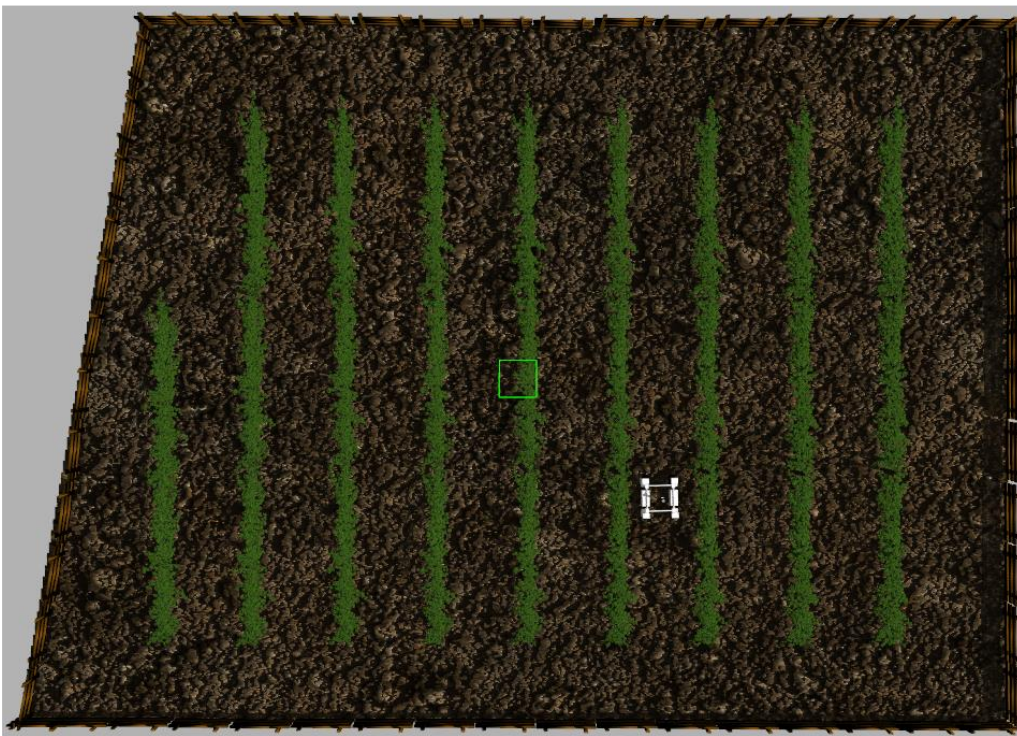
Σε μία έρευνα χρηματοδοτούμενη από την Ευρωπαϊκή Ένωση μελετήθηκαν αλγόριθμοι επεξεργασίας εικόνας που είναι απαραίτητοι για την Γεωργία Ακριβείας στον αμπελώνα και συγκεκριμένα τα συστήματα SLAM (Simultaneous Localization and Mapping – Ταυτόχρονου εντοπισμού θέσης και χαρτογράφησης).

Οι αμπελώνες αποτελούν μία πρόκληση για τα συστήματα SLAM. Υπάρχει συνεχής εναλλαγή οπτικής εμφάνισης σε συχνά όχι ομαλό πεδίο και με επαναλαμβανόμενα μοτίβα. Σε αυτή την έρευνα μελετήθηκαν διάφορες μέθοδοι χαρτογράφησης με ενθαρρυντικά αποτελέσματα.

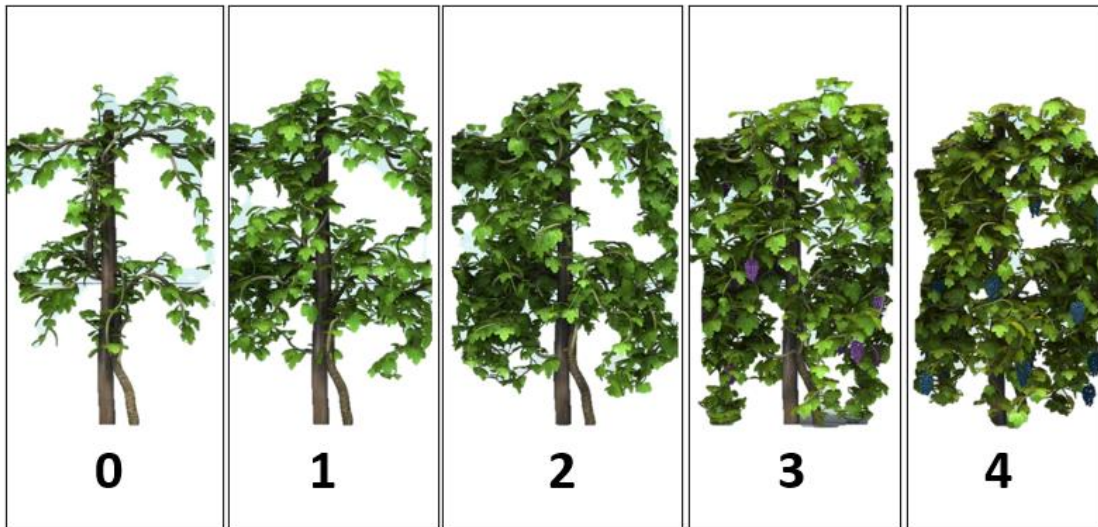
Στην Γεωργία Ακριβείας χρειάζεται συνεχής επίβλεψη της κατάστασης των φυτών και του εδάφους. Μία λύση θα ήταν η χρήση αυτόνομων ρομπότ επίβλεψης. Για τον σκοπό αυτό το ρομπότ πρέπει να έχει μία ακριβή εικόνα του αγρού ώστε να μπορεί να περιηγηθεί και να τον επιβλέψει. Μία λύση θα ήταν η χρήση συστημάτων εντοπισμού πραγματικού χρόνου τα οποία όμως είναι ακριβά και όχι παντού εφαρμόσιμα. Τα συστήματα SLAM αποτελούν μία λύση σε εξέλιξη με πιθανότητα να χρησιμοποιηθούν και σε οικονομικότερα συστήματα απεικόνισης ([Hroob, 2021](#)).



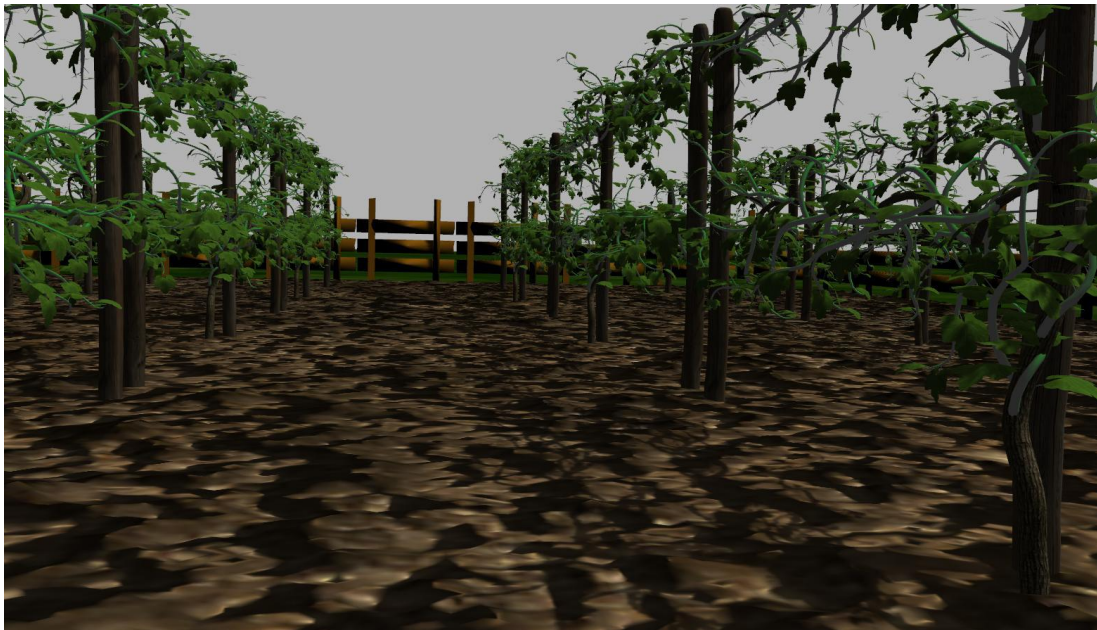
Εικ: 3. Πραγματικός αγρός ([Hroob, 2021](#)).



Εικ: 4. Προσομοίωση ([Hroob, 2021](#)).



Εικ: 5. Τα στάδια φυτικής ανάπτυξης του μοντέλου ([Hroob, 2021](#)).



Εικ: 6. Εικόνα από την μπροστινή κάμερα του ρομπότ ([Hroob, 2021](#)).

Στα μοντέλα έγινε σύγκριση στα σενάρια

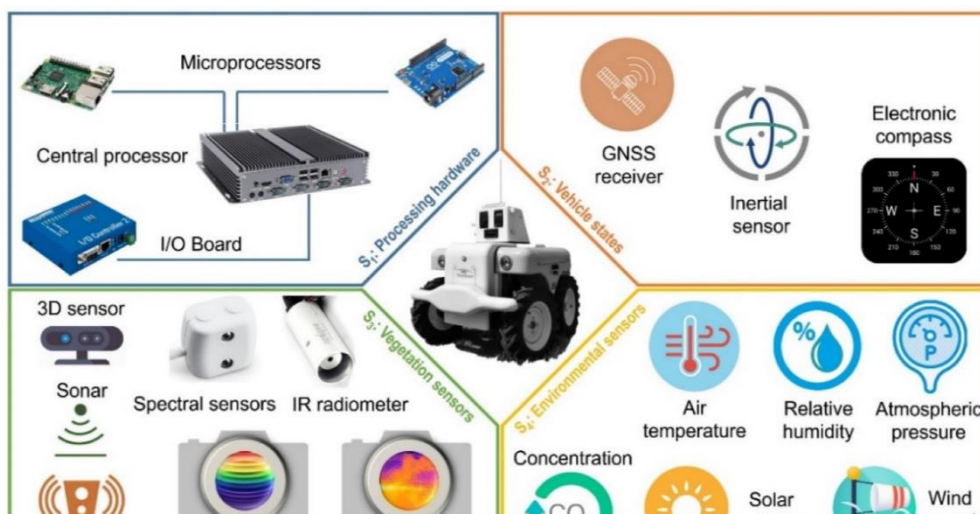
- Κίνηση σε ευθεία γραμμή
- Επιθεώρηση σε μία γραμμή και επιστροφή από την ίδια γραμμή
- Επιθεώρηση σε μία γραμμή και επιστροφή από την διπλανή γραμμή
- Επιθεώρηση πολλαπλών γραμμών, το σενάριο πραγματικότητας

Το παραπάνω αποτελεί και ένα σύστημα ψηφιακού διδύμου που μελετάται σε επόμενο κεφάλαιο.



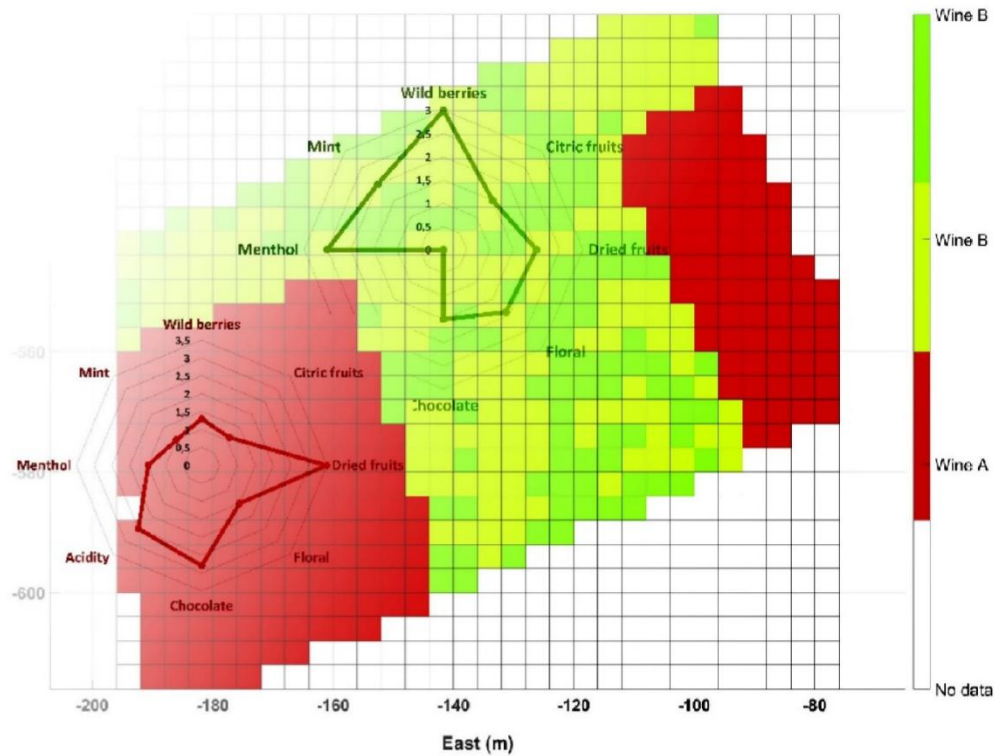
Εικ: 7. Κεντρική εικόνα στο τελικό στάδιο ανάπτυξης ([Hroob, 2021](#)).

Ένα πρόβλημα στην εφαρμογή της αειφορίας και της συμμόρφωσης με περιβαλλοντικούς όρους είναι η έλλειψη σωστής πληροφορίας στην σωστή στιγμή. Πολλές παράμετροι που συμμετέχουν στην λήψη απόφασης σήμερα στηρίζονται σε χειροκίνητες μεθόδους προσέγγισης και μέτρησης στον αγρό. Αυτό σε μεγάλη έκταση καλλιέργειας στοιχίζει σε χρόνο και χρήμα. Ξεκινώντας ακόμα και από την δειγματοληψία, σε φύλλα για παράδειγμα, ήδη ο υποκειμενικός ρόλος της επιλογής δειγμάτων υποβαθμίζει την μέθοδο ([Rovira, 2021](#)). Το εργαστήριο Γεωπονικής Ρομποτικής του πανεπιστημίου της Βαλένθια στην Ισπανία είναι από αυτά που διενεργούν έρευνες σε συστήματα επόπτευσης στον αγρό. Με την εξέλιξή τους και την οπτική παρακολούθηση σε κατάλληλο φάσμα και ανάλυση εικόνας μπορεί να δοθεί η απαραίτητη πληροφορία πολύ γρήγορα με ανέπαφες και μη καταστρεπτικές μεθόδους εισβολής στα φυτά. Η πρότασή τους για τις ανάγκες αυτές είναι η χρήση της μεθόδου προσέγγισης από εδάφους σε μεγάλη κλίμακα ώστε να ανταποκρίνονται τα δεδομένα με μικρά περιθώρια στατιστικού σφάλματος ([Rovira, 2021](#)).



Εικ: 8. Το σύστημα ρομπότ και αισθητήρων συλλογής δεδομένων ([Rovira, 2021](#)).

Τα κύρια σημεία της δικής τους προσέγγισης είναι η δημιουργία σε πραγματικό χρόνο χαρτών της φυτείας σε συνδυασμό με την θέση του αγροκτήματος με το παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης, κάποιων αγρονομικών χαρακτηριστικών του τόπου και με συνεχή επίβλεψη των συνθηκών περιβάλλοντος. Για έρευνα μίας τέτοιας διαφορικής αντιμετώπισης ενός εμπορικού αμπελώνα ανατέθηκε σε ένα ρομπότ να διαχωρίσει αυτόματα τον χώρο σε δύο ζώνες συγκομιδής με στόχο την παραγωγή δύο οίνων ανόμοιων χαρακτηριστικών (Rovira, 2021).



Εικ: 9. Η αυτόματη πρόταση ζωνών συγκομιδής μετά την επεξεργασία δεδομένων (Rovira, 2021).

2.4 Διαδίκτυο των πραγμάτων (Internet of things - Iot) και Βιομηχανία 4.0.

Σαν ορισμός “ Διαδίκτυο των πραγμάτων Iot είναι ένας κόσμος διασυνδεμένων πραγμάτων που έχουν την ικανότητα αίσθησης, ενεργοποίησης και επικοινωνίας μεταξύ τους και με το περιβάλλον (έξυπνα πράγματα ή αντικείμενα) παρέχοντας ταυτόχρονα την ικανότητα διαμοιρασμού πληροφορίας και δράσης, μερικά αυτόνομης στον πραγματικό φυσικό κόσμο, διεγείροντας διαδικασίες και δημιουργώντας υπηρεσίες με ή χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση ([Hassan, 2018](#)).

Σε έναν ευρύ διαχωρισμό το Iot αποτελείται από κυρίως

- Το καταναλωτικό Iot που περιλαμβάνει έξυπνα τηλέφωνα, διασυνδεόμενα αυτοκίνητα, συσκευές που φοράμε, όπως ρολόγια, έξυπνες τηλεοράσεις κα
- Το βιομηχανικό Iot, ονομαζόμενο IIot (Industrial Internet of things), που αφορά φωτοβολταϊκά πάνελ, ανεμογεννήτριες, μεταφορικά μέσα ή βιομηχανικό εξοπλισμό.

Σε αναλογία με το πρώτο, στο δεύτερο μετατρέπονται επίσης τα αντικείμενα σε έξυπνα αντικείμενα, εγκαταστάσεις παραγωγής με τα εργαλεία τους, μεταφορείς, ακόμα και τα ίδια τα προϊόντα. Όλα αυτά μετατρέπουν μία μονάδα παραγωγής σε μία “ Έξυπνη μονάδα παραγωγής” και οδηγούν σε αυτό που ονομάζεται διεθνώς Βιομηχανία 4.0 (Industry 4.0) από τις πρωτοπόρες και προωθείται από προηγμένες τεχνολογικά χώρες όπως η Γερμανία, στα πλαίσια της σε εξέλιξη 4^{ης} Βιομηχανικής Επανάστασης.

Πολλές φορές οι όροι Iot και Βιομηχανία 4.0 χρησιμοποιούνται σαν συνώνυμα αν και το Iot αναφέρεται στο τεχνολογικό κίνημα ενώ η Βιομηχανία 4.0 σχετίζεται περισσότερο με το προσδοκώμενο οικονομικό αντίκτυπο.

2.5 Τεχνολογία Blockchain.

Η τεχνολογία Blockchain έχει γίνει γνωστή από τα κρυπτονομίσματα Bitcoin και Ethereum. Βασικό χαρακτηριστικό και λόγος χρησιμοποίησής του είναι η αποκεντροποίηση, καθότι οι βάσεις δεδομένων δεν αποθηκεύονται σε ένα κεντρικό σύστημα, αλλά αντίθετα αναπαράγονται και διανέμονται σε ένα σύστημα μελών. Όποτε ένα block προστίθεται στην αλυσίδα κάθε υπολογιστής ανανεώνει την αλυσίδα αντικατοπτρίζοντας την αλλαγή (Tanwar S. 2021).



Εικ: 10. Ιδιότητες τεχνολογίας Blockchain (Tanwar Sudeep, 2021), “Blockchain for 5G-Enabled IoT The new wave for Industrial Automation”)

- Δίχως εμπιστοσύνη. Τα στοιχεία του συστήματος είναι αποκρυμμένα το ένα από το άλλο μεταφέροντας όμως συνεργαζόμενα και συντονισμένα αμερόληπτα στοιχεία από το ένα στο άλλο.
- Δίχως άδεια. Μπορεί κάθε στοιχείο του συστήματος να εργαστεί ή να μην εργαστεί χωρίς καμία συγκατάθεση.
- Ασφαλή λογοκρισίας. Κάθε ανταλλαγή δεν αλλοιώνεται ούτε επισημαίνεται διακριτικά.
- Συναινέση. Η σύμβαση συνεργασίας εξασφαλίζει ότι κανένα μέλος δεν θα πάρει τον έλεγχο του συστήματος και των ανταλλαγών
- Καθολικό. Αποτελεί μία κοινή μεταφερόμενη βάση δεδομένων. Τα δεδομένα αφού γνωστοποιηθούν σαν έγκυρα αναγνωρίζονται σαν τέτοια από το σύνολο των μελών και δεν μπορούν να διαγραφούν.
- Κρυπτογραφία. Όλη η πληροφορία στο σύστημα επαληθεύεται με μία συμπαγή διαδικασία κρυπτογράφησης και μόνο εξουσιοδοτημένα μέλη στην διαδρομή της μπορούν να τα αποκωδικοποιήσουν.
- Ευφυής συμφωνία. Ένα έξυπνο συμβόλαιο επαλήθευσης και έγκρισης των μελών του συστήματος

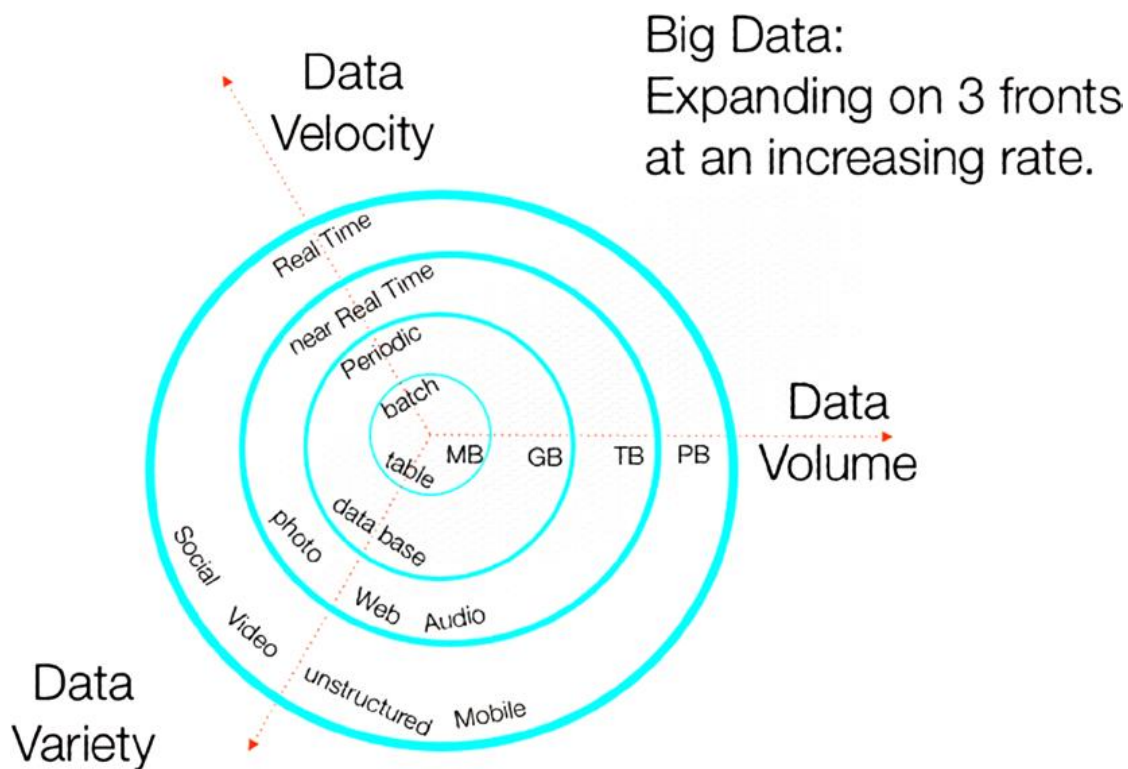
Από τα παραπάνω χαρακτηριστικά φαίνεται ότι η τεχνολογία Blockchain αποτελεί ένα πολύ καλό συνδυασμό με το Ιοt που αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο και ήδη με χρήση της τεχνολογίας 5G υπόσχεται να είναι μία πολύ καλή λύση για τον ψηφιακό μετασχηματισμό βιολογικών συστημάτων και διεργασιών.

Λύνει όλα τα προβλήματα αποκεντροποίησης, διαμεσολάβησης για μία απρόσκοπτη συνεχή και γρήγορη μεταφορά δεδομένων. Ακόμα συμπληρώνει τα κενά που έχει το συνεχώς αναπτυσσόμενο Ιοt όσο αφορά την ασφάλεια, προσαρμοστικότητα και καθολικότητά του.

2.6 Μεγάλα Δεδομένα, χρήση και ιδιοκτησία, εξόρυξη, πρόβλεψη.

Σαν μεγάλα δεδομένα γενικά είναι αυτά που έχουν μεγάλο όγκο σε σχέση με την δυνατότητα καθημερινής διαχείρισης παραδοσιακών εργαλείων. Με αυτή την λογική τα παραγόμενα δεδομένα πάντα ήταν «μεγάλα» αφού όσο προχωράει η τεχνολογία σε υλικό και λογισμικό μεγαλώνει και μάλιστα εκθετικά ο όγκος των παραγόμενων δεδομένων.

Στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται χαρακτηριστικά πως αυξάνονται τα παραγόμενα δεδομένα σε τρεις διαστάσεις, τα λεγόμενα 3V.



Εικ: 11. Πολυδιάστατο διάγραμμα 3V ανάπτυξης δεδομένων με τον χρόνο (Frampton M. 2015, σελ.2).

Τα λεγόμενα σήμερα 3V είναι:

- Volume - Ο συνολικός όγκος του παραγόμενου σετ δεδομένων.
- Velocity – Ο ρυθμός με τον οποίο τα δεδομένα καταφθάνουν και το πόσο γρήγορα αυτά πρέπει να επεξεργαστούν. Σε ομάδες, περιοδικά, σε σχεδόν πραγματικό χρόνο ή και σε πραγματικό χρόνο.
- Variety – Το εύρος των κατηγοριών δεδομένων που κάθε σετ μπορεί να περιέχει, δεδομένα αισθητήρων και εξοπλισμού, δεδομένα ιστοσελίδων, εικόνες, ήχος, κείμενο, κινούμενη εικόνα ανάμεσα σε άλλα και ανάλογα με το εφαρμοζόμενο πεδίο.

Μεγαλώνοντας στις τρεις αυτές κατευθύνσεις τα δεδομένα αυξάνονται σε τέτοιο βαθμό ώστε τακτικά αν μελετήσουμε μία χρονιά τα δεδομένα που παράγονται μπορεί να είναι περισσότερα από όλες τις χρονιές που προηγήθηκαν. Είναι λογικό αφού καθώς προχωρά και φθηναίνει η τεχνολογία είναι πολύ ευκολότερο ο καθένας να παράγει δεδομένα.

Δεδομένα που κάποια θεωρούνται προσωπικά και αυτά είναι λίγα αφού σαν τέτοια ορίζονται αυτά που οδηγούν άμεσα σε εμάς αλλά και συνεχή δεδομένα από κάμερες κυκλοφορίας, έξυπνες συσκευές στο σπίτι και την Βιομηχανία, βίντεο που ανεβαίνουν συνεχώς κλπ. Στην εποχή μας γίνεται μία μεταβαλλόμενη δυναμική ισορροπία ανάμεσα στην ιδιωτικότητα των δεδομένων και την κοινή χρήση τους, κάτι που επηρεάζει άμεσα την πορεία της εξέλιξης τους.

Σύμφωνα με την ισχύουσα Ευρωπαϊκή νομοθεσία τα βιομηχανικά δεδομένα προστατεύονται από νόμους πνευματικής ιδιοκτησίας. Παρόλα αυτά υπάρχει οδηγία για διαμοιρασμό ιδιωτικών δεδομένων με βάση συμβόλαια για κοινό όφελος. Σε πολλές περιπτώσεις τα δεδομένα είναι παραπροϊόν της διαδικασίας και δύσκολα ,μπορεί κάποιος να διεκδικήσει ιδιοκτησία και αναπτύσσεται έτσι η έννοια της υπεραξίας του διαμοιρασμού ([Frenz, 2022](#)).

Όσο αφορά την γεωργία και μεταποιητική βιομηχανία που μας ενδιαφέρει αυτό που αλλάζει στις μέρες μας δεν είναι το ότι παράγονται όλο και περισσότερα δεδομένα αλλά ότι αποκτούν σημασία για εμάς που δεν μπορούμε ίσως καν να προσδιορίσουμε σήμερα αλλά έχουμε στο μυαλό μας ότι μπορεί να είναι χρήσιμα στο μέλλον. Και η κύρια χρησιμότητα ίσως είναι οι προγνωστικές διαδικασίες και η βοήθεια στην λήψη αποφάσεων.

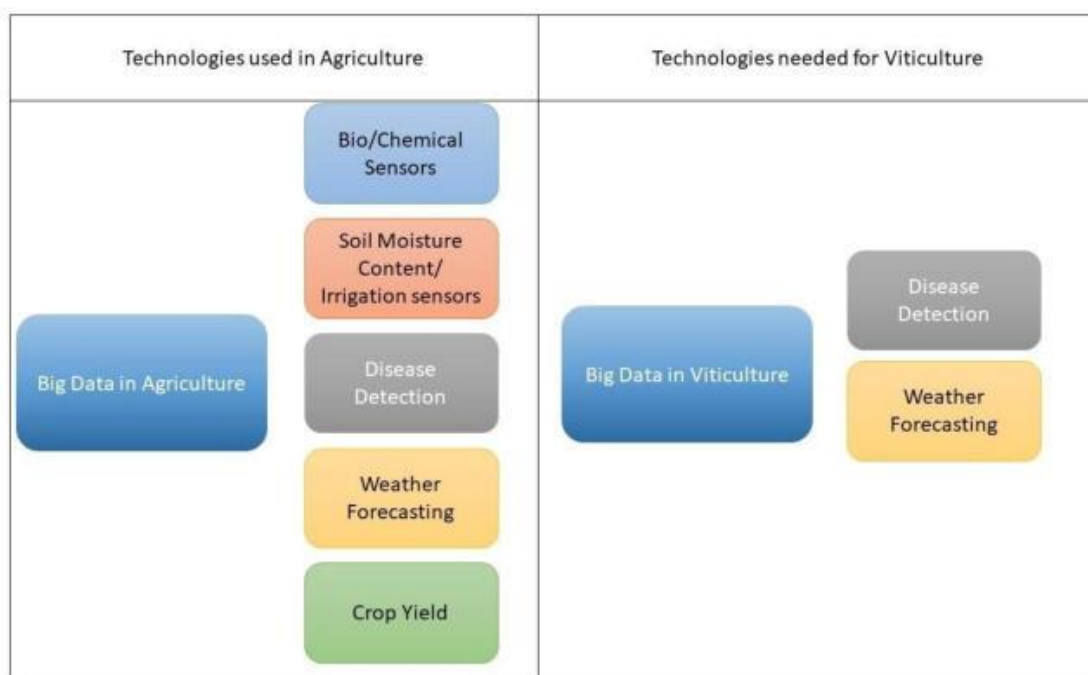
Οι κλασικές στατιστικές μέθοδοι και οι αλγόριθμοι που κάνουν σταθερή δουλειά εδώ και σχεδόν δύο δεκαετίες, κάτι που δείχνει την διαχρονική αποτελεσματικότητα και αξία τους δεν είναι πάντα επαρκής για τα μεγάλα δεδομένα της εποχής μας. Στον όγκο των δεδομένων που παρατηρούμε κάποια απόκλιση από την γραμμικότητα που βλέπαμε έχει άλλη αξία και η δειγματοληψία δεδομένων μας κάνει να χάνουμε πολύτιμες πληροφορίες ουσίας και άρα πρέπει να επεξεργαζόμαστε το σύνολο των δεδομένων.

Η εξόρυξη δεδομένων χρησιμοποιεί πολλά γνωστικά πεδία για να πετύχει τον στόχο της, Στατιστική, Βάσεις δεδομένων, Επιστήμη υπολογιστών, Μηχανική μάθηση, αναγνώριση μοτίβων, Υπολογιστική Νευροεπιστήμη, Η προγνωστική μοντελοποίηση είναι ένας από τους κύριους στόχους της εξόρυξης δεδομένων. Σε αυτή την διαδικασία λαμβάνουμε ιστορικά δεδομένα (του παρελθόντος) ταυτοποιούμε μοτίβα στα δεδομένα με την μεθοδολογία ενός μοντέλου και μετά με την χρήση αυτού του μοντέλου κάνουμε πρόβλεψη του τι θα συμβεί στο μέλλον ([Dean, 2014](#)) .

Το κύμα των μεγάλων δεδομένων φέρνει την ακρίβεια στην Γεωργία ακριβείας. Σύμφωνα με το Αμερικανικό Υπουργείο Γεωργίας αυτή ορίζεται σαν “ένα σύστημα διαχείρισης που βασίζεται στην πληροφορία και την Τεχνολογία αφορά συγκεκριμένο τόπο και χρησιμοποιεί μία ή περισσότερες πηγές δεδομένων, του εδάφους, των φυτών, των θρεπτικών συστατικών, εντόμων και άλλων παθογόνων, την υγρασία και την απόδοση, για την βέλτιστη κερδοφορία, βιωσιμότητα και προστασία του περιβάλλοντος” (Walker, 2015).

Από την στιγμή που τα εδαφικά τεμάχια ορίζονται ψηφιακά με μεγάλη ακρίβεια σε πολλές διαστάσεις όπως τύπος εδάφους, κλίση, χρόνο ηλιακής έκθεσης, γίνεται δυνατό να εντοπιστούν αυτά που είναι πιο όμοια και αυτά δεν είναι κατά ανάγκη τα γειτονικά. Αυτή η σύγκριση επιτρέπει την επιλογή υβριδίου καλλιέργειας και τον εντοπισμό των βέλτιστων πρακτικών για μεγιστοποίηση του κέρδους. Υπάρχει δηλαδή το όραμα εξέλιξης με παρακολούθηση των συνθηκών καλλιέργειας στην επιλογή φυτικού υλικού και καλλιεργητικών διαδικασιών σε επίπεδο μέχρι και του τελευταίου φυτού (Walker, 2015).

Σε μία έρευνα εφαρμογής μεγάλων δεδομένων στην Ινδία όπου υπάρχει αύξηση κατανάλωσης Οίνου αλλά λίγοι οικονομικοί πόροι φάνηκε ότι υπήρχε μικρότερη ανάγκη πόρων όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Εικ: 12. Ελάχιστα απαραίτητα μεγάλα δεδομένα στην αμπελοκαλλιέργεια (Patel, 2021).

Η βάση δεδομένων αφορούσε δεδομένα φύλλων και μοντελοποίηση σε πλατφόρμα Apache Hadoop, την πιο διαδεδομένη για μεγάλα δεδομένα και έδωσε μία αποτελεσματικότητα 82%. Σε αυτή χρησιμοποιήθηκαν τεχνικές μηχανικής μάθησης για εύρεση προτύπων μοτίβων μέσα στα δεδομένα της βάσης και απλών έγκαιρων οδηγιών στους αγρότες.

2.7 Τεχνητή νοημοσύνη, Μηχανική μάθηση και αναγνώριση προτύπων.

“Τεχνητή Νοημοσύνη είναι ο τομέας της επιστήμης των υπολογιστών που ασχολείται με την σχεδίαση και την υλοποίηση υπολογιστικών συστημάτων τα οποία είναι ικανά να μιμηθούν τις ανθρώπινες γνωστικές ικανότητες, εμφανίζοντας έτσι χαρακτηριστικά που αποδίδουμε συνήθως σε ανθρώπινη συμπεριφορά, όπως για παράδειγμα η επίλυση προβλημάτων, η αντίληψη και κατανόηση εικόνων, η μάθηση, η εξαγωγή συμπερασμάτων, η κατανόηση φυσικής γλώσσας κλπ.” ([Βλαχάβας, 2020](#)).

Η ανακάλυψη γνώσης σε βάσεις δεδομένων (KDD, knowledge discovery in databases) είναι μία σύνθετη διαδικασία για τον προσδιορισμό έγκυρων, νέων, χρήσιμων και κατανοητών σχέσεων – προτύπων σε δεδομένα. Κύριος στόχος είναι:

- Η δημιουργία μοντέλων πρόβλεψης για νέες περιπτώσεις χρησιμοποιώντας υπάρχοντα δεδομένα και κάποιες παραδοχές.
- Η ανακάλυψη προτύπων πληροφόρησης ή συσχέτισης μεταξύ των δεδομένων με κάποια κριτήρια αξιολόγησης συνήθως ([Βλαχάβας, 2020](#)).

Η μηχανική μάθηση είναι ένας τομέας της Τεχνητής Νοημοσύνης που ασχολείται με την ανάπτυξη αλγορίθμων μάθησης, δηλαδή βελτίωσης της επίδοσης ενός συστήματος σε επεξεργασία σημάτων που συναντά πρώτη φορά, πχ χειρόγραφων που δεν γνωρίζουμε τον γραφικό χαρακτήρα, ήχους που δεν γνωρίζουμε την χροιά και τον τόνο φωνής, αντικειμένων που συναντάμε πρώτη φορά, όπως κάνει απλά ένας άνθρωπος. Μάλιστα στην βαθιά μάθηση η επεξεργασία γίνεται σε επίπεδα όλο και μεγαλύτερου βάθους σε αντιστοιχία με τα επίπεδα επεξεργασίας των ανθρώπινων νευρώνων. ([Διαμαντάρας, 2019](#)).

Η μηχανική μάθηση προήλθε από την επιστήμη των υπολογιστών ενώ η αναγνώριση προτύπων προήλθε από την Μηχανική αλλά η εξέλιξή τους τα έχει φέρει στο ίδιο πεδίο έρευνας τελευταία. Η επιστήμη της αναγνώρισης προτύπων ασχολείται με την αυτόματη ανεύρεση τακτικότητας μέσα στα δεδομένα με χρήση αλγορίθμων υπολογιστών και με την κανονικότητα που θα προκύψει να προκύψουν μέτρα όπως η ταξινόμηση σε κατηγορίες ([Bishop C. , 2019](#)).

Σε μία τέτοια εφαρμογή χρησιμοποιήθηκε ένα ηλεκτρονικό αισθητήριο όσφρησης με αλγόριθμους μηχανικής μάθησης για παρακολούθηση της κατεργασίας για απομάκρυνση οσμών καπνού σε οίνο που έχει προέλθει από πυρκαγιές σε θάμνους λόγω υψηλών θερμοκρασιών εξαιτίας κλιματικής μεταβολής. Η επεξεργασία έγινε με ενεργό άνθρακα ή και ένζυμο. Το μοντέλο παρουσίασε μία ταχύτατη οικονομική εκτίμηση με ποσοστό επιτυχίας 98% ([Summerson, 2021](#)).

2.8 Εγκατάσταση Αμπελώνα και κλιματική μεταβολή.

Βασικά κριτήρια ενός αμπελουργού και οινοποιού είναι το τελικό προϊόν που θέλει να παρασκευάσει. Ο οίνος στόχος που έχει στο μυαλό του, ο πελάτης και η αγορά που απευθύνεται. Η ποικιλία και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά όπως χρώμα, γλυκύτητα, σώμα.

Η επιλογή του υποκειμένου και της ποικιλίας είναι πολύ καθοριστικοί παράγοντες για την επιτυχία των παραπάνω, οικονομική αφού θα πρόκειται για μία επένδυση που θα πρέπει εκτός από βιώσιμη να είναι και επικερδής, αλλά και επιτυχία ως προς την επίτευξη του προϊόντος που είναι επιθυμητό.

Ταυτόχρονα η επιλογή τοποθεσίας είτε είναι δεδομένη είτε θα επιλεγεί ανεξάρτητα είναι αρκετά περιοριστικός παράγοντας για την επιλογή υποκειμένου και ποικιλίας. Τα κλιματικά δεδομένα, η έκθεση στον ήλιο και σε ανέμους, οι βροχοπτώσεις είναι πολύ σημαντικές, πέρα από τα πρακτικά θέματα απόστασης από σημεία μεταποίησης αν δεν είναι κάθετη η μονάδα και δεν γίνεται η επεξεργασία στην ίδια περιοχή.

Η μελέτη και ανάλυση του εδάφους και οι κλιματικές συνθήκες θα δώσουν μία εκτίμηση των περιορισμών και αναγκών λόγω εδάφους, υπολογιζόμενη εξατμισοδιαπνοή και χρονοδιάγραμμα εξέλιξης του καρπού.

Επειδή όμως είναι μία καλλιέργεια που θα πάρει κάποια έτη να ξεκινήσει να παράγει και υπό φυσιολογικές συνθήκες αναμένεται να παραμένει στον τόπο που έχει εγκατασταθεί για πολλά χρόνια οι ενδεχόμενες αλλαγές που επιφέρει η κλιματική μεταβολή πρέπει επίσης να ληφθεί σοβαρά υπόψη.

Λόγω αυτών των μεταβολών κάποιες Βόρειες ή Νότιες περιοχές όπου ήταν προβληματική η οινοπαραγωγή λόγω κυρίως αδυναμίας φυσιολογικής ωρίμανσης (Ιαπωνία, Βολιβία, Καναδάς, British Columbia, Βέλγιο, Αγγλία, Ιρλανδία, Ολλανδία, Πολωνία εισέρχονται δυναμικά σε νέες καλλιέργειες. Ακόμα και Σκανδιναβικές χώρες, Δανία Σουηδία παράγουν ήδη κάποιους αξιόλογους οίνους και στην Νορβηγία όπου έγιναν δοκιμαστικές καλλιέργειες με ορίζοντα κάποιες δεκαετίες μετά, απρόσμενα έδωσαν ήδη επιτυχημένες συγκομιδές. Αντίθετα σε κάποιες θερμές περιοχές που παραδοσιακά ήταν αμπελοοινικές σιγά σιγά εκτοπίζονται λόγω υπερβολικής αύξησης θερμοκρασίας για τις ανάγκες της καλλιέργειας και επίσης μίας φυσιολογικής ωρίμανσης.

Όλα αυτά δεν σημαίνουν ότι κινδυνεύουν οι παραδοσιακές οινοπαραγωγές περιοχές αλλά ότι πρέπει να γίνεται πιο εμπεριστατωμένη μελέτη για τις επιλογές κατά την εγκατάσταση και πιο τεχνολογική παρακολούθηση όλων των παραγόντων και μεταβολών.

Το CIVB, το συμβούλιο Οίνου του Μπορντό ενέκρινε 4 ερυθρές και 2 λευκές νέες ποικιλίες για προσαρμογή στην αύξηση της θερμοκρασίας. Αυτές είναι οι ερυθρές Touriga Nacional, Marselan, Castets, Arinarnoa και οι λευκές Alvarinho and Liliorila σε ποσοστό ως 5% στον αμπελώνα και 10% στο τελικό μίγμα. Αυτό έγινε για να μετριαστεί η επίπτωση της αύξησης της θερμοκρασίας χωρίς να αλλοιωθεί το προφίλ του οίνου Μπορντό.

Αντίθετα στην Τρανσυλβανία η κλιματική μεταβολή αύξησε την περίοδο ενεργής βλάστησης κατά 15 – 20 μέρες τις μέσες ετήσιες θερμοκρασίες κατά 1- 1.5 βαθμούς C και άρα τις χρήσιμες ημέρες για την ωρίμανση και ισορροπία του παραγόμενου οίνου. Ταυτόχρονα μειώθηκαν οι περίοδοι παγετού. Αυτή η συγκυρία φάνηκε σαν μία ευκαιρία επέκτασης της καλλιέργειας της παραδοσιακής αυτόχθονης ερυθρής Ρουμανικής ποικιλίας Amurg στην Τρανσυλβανία και τελικά την παραγωγή ροζέ και ερυθρών Οίνων Ονομασίας Προέλευσης από αυτή την περιοχή ([Chedea, 2021](#)).

Για την διατηρησιμότητα του εγχειρήματος και την έγκαιρη πρόβλεψη των μικροκλιματικών μεταβολών και ανταπόκριση σε αυτές μελετήθηκε ένα σύστημα που συνδυάζει αισθητήρες και drone, εικόνες μεταφορά και επεξεργασία σημάτων όπως αυτά θα αναλυθούν παρακάτω (τεχνολογία blockchain, Iot κλπ.) με σκοπό την δημιουργία ενός συστήματος που εξασφαλίζει την απρόσκοπτη ελεγχόμενη σωστά ωριμασμένη και χωρίς ασθένειες καλλιέργεια της παραδοσιακής ποικιλίας στις νέες περιοχές ([Chedea, 2021](#)).

Ο συνδυασμός μοντέλων μακροχρόνιας πρόβλεψης του κλίματος σε μία περιοχή με μοντέλα εξαμυσοδιαπνοής της καλλιέργειας που μας ενδιαφέρει μπορεί να μας δώσει μία ασφαλή κατεύθυνση στην επιλογή του φυτικού υλικού που θα πρέπει να επιλέξουμε. Ειδικά σε πολυετείς καλλιέργειες όπως είναι οι αμπελώνες που μας ενδιαφέρουν μπορεί να μας βοηθήσει στην επιλογή υποκειμένου και κλώνου ώστε με ασφάλεια στην διάρκεια ζωής των πρέμων να έχουμε μειωμένη προσβολή από ασθένειες, σωστή ωρίμανση του καρπού ακόμα και με τις προβλεπόμενες μεταβολές του κλίματος και τελικά εξασφάλιση παραγωγής οίνου με βάση τις επιθυμίες και προδιαγραφές μας.

2.9 Terroir και ψηφιακή τεχνολογία.

Η γη είναι αυτή που μετά τον μετασχηματισμό της στα 4.2 Δισεκατομμύρια χρόνια σύμφωνα με τις σχετικές Επιστήμες δίνει την δυνατότητα των αλυσίδων ζωής ένα σημαντικό μέρος από τα οποία είναι τα φυτά, το σημαντικότερο ίσως για εμάς τα ανώτερα θηλαστικά αφού χωρίς αυτά δεν θα μπορούσαμε να χρησιμοποιήσουμε τον ήλιο και το CO₂ για την μετατροπή των ανόργανων στοιχείων της φύσης στις πολύπλοκες ουσίες που καθορίζουν την λειτουργία τους και την δική μας.

Οι σύγχρονες επιστημονικές τεχνικές της Γεωπονίας έχουν δώσει δυνατότητες λειτουργίας φυτών εκτός εδάφους. Ο αμπελόντας έχει το προνόμιο εκ των πραγμάτων τουλάχιστον στην παραγωγική φάση ζωής του πρέμνου από την εγκατάσταση του αμπελώνα και μετά να γίνεται στο έδαφος.

Αυτός είναι και ένας ακόμα παράγοντας που συντελεί στην πολυπλοκότητα των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του οίνου, στην αδυναμία τιθάσευσης και απολύτου ελέγχου, στην διαφοροποίηση και αποτύπωση που δίνει όταν καταναλώνεται ώστε το αποτέλεσμα να είναι πάντα κάπως διαφορετικό.

Ακόμα και για το ίδιο υποκείμενο, την ίδια ποικιλία, αν η περιοχή καλλιέργειας είναι διαφορετική (που ίσως είναι και από μέτρο σε μέτρο απόστασης), το μετεωρολογικό ιστορικό του (που σίγουρα πάντα είναι), οι αμπελουργικοί χειρισμοί παραλλάσσονται έστω και ελάχιστα ακόμα και αν τους έχουμε τυποποιήσει και συνεπακόλουθα η πορεία τυχόν ασθενειών η αλληλεπιδράσεων που παρατηρούμε η δεν μπορούμε καν να δούμε με γυμνό μάτι.

Στην Επιστήμη των τροφίμων στην οποία ανήκει και η Οινολογία η προσπάθεια είναι στην όσο το δυνατό τυποποίηση του τελικού προϊόντος ώστε αυτό να έχει ταυτότητα και άρα το ανάλογο κοινό που θα το ζητήσει, θα το αγοράσει και τελικά θα το καταναλώσει. Στον οίνο και περισσότερο στον λευκό, η εξελισσόμενη τεχνολογία όλο και περισσότερο δίνει την δυνατότητα παρεμβάσεων που θα φέρουν τα χαρακτηριστικά τους σε ένα ελεγχόμενο με βάση τις προδιαγραφές πρότυπο.

Επειδή όμως δεν πρόκειται για ένα απλό προϊόν όπως τα πολλά των ραφιών των καταστημάτων που πρέπει να περιέχει κάποιο τυποποιημένο ποσοστό συστατικών, για παράδειγμα σε λίπος υδατάνθρακες και πρωτεΐνες, έστω και τα πολλά ακόμα συστατικά που αναγράφονται σήμερα σε μία ετικέτα για πληροφόρηση του καταναλωτή αλλά εκατοντάδες ενώσεις που συντελούν στην πολυπλοκότητά του τα πράγματα είναι πολύ πιο δύσκολα στην τυποποίηση.

Όσο την θέλουμε βέβαια αυτή την τυποποίηση αφού η παραλλακτικότητα είναι αυτή που δίνει την μαγεία του κάτι διαφορετικό να περιμένουμε σε κάθε φιάλη που ανοίγει, από άλλη χρονιά άλλη περιοχή της υφελίου και άλλο αμπελοτόπι, σε άλλη χρονική στιγμή της ζωής του και δική μας.

Δεν μπορούμε και μάλλον δεν επιθυμούμε όπως για παράδειγμα ένα μπισκότο να είναι ακριβώς το ίδιο σε κάθε γωνιά της γης ότι ώρα και να ανοίξουμε ένα τυχαίο κουτί. Οι παρεμβάσεις που μπορούμε να κάνουμε από την συγκομιδή και μετά είναι ολόενα και περισσότερες πάντα όμως σε μία ειδική και αρκετά περιοριστική νομοθεσία. Πολλά όμως έχουν ήδη κριθεί από τον αμπελώνα και έχουν μπει αρκετά πλαίσια του που θα κινηθούμε, περισσότερο στους ερυθρούς οίνους.

Για αυτό και σωστά τα πάντα γίνονται σε συνεργασία αμπελουργού Οινοποιού, σε κάποιες περιπτώσεις σε καθετοποιημένες εγκαταστάσεις καλλιέργειας και μεταποίησης. Οι καλλιεργητικές τεχνικές πρέπει να είναι σε αρμονία με τις οινοποιητικές ώστε να εξασφαλίσουμε την ταυτότητα που επιθυμούμε εμείς και ο καταναλωτής στο τελικό προϊόν. Πάντα όμως θα υπάρχει διαφοροποίηση σε παράγοντες που δεν είναι τόσο ορατοί.

Μικροοργανισμοί που δρουν στην ριζόσφαιρα της αμπέλου, μυκηλιακές υφές μέσα και έξω από την ρίζα ή που αλληλοεπιδρούν και μεταφέρουν ακόμα και σήματα ανάμεσα σε φυτά σε κάποιες περιπτώσεις, ένας αόρατος κόσμος που και αυτός έχει την σημασία του.

Έτσι και αλλιώς η αμπελουργία επιδρά στην φυσιολογία ή και αντίθετα από τις ανάγκες του φυτού προς όφελός μας, ακόμα και οι καταπονήσεις (stress) σε πολλές περιπτώσεις έχουν μαγικά θετική επίδραση στις οινοποιήσιμες καλλιέργειες και προσπαθούμε και αυτές να τις αξιοποιήσουμε σε θετικές μεταβολές στα συστατικά του μούστου.

Με την χρήση της ψηφιακής τεχνολογίας εξασφαλίζουμε μακροπρόθεσμα τον ιδιαίτερο χαρακτήρα της κάθε ετικέτας που παράγουμε, ελαχιστοποιούμε την επίδραση αστάθμητων παραγόντων και μας δίνεται έγκαιρη και επαρκής πληροφορία στην λήψη αποφάσεων σε κάθε στάδιο.

2.10 Πρόβλεψη ασθενειών

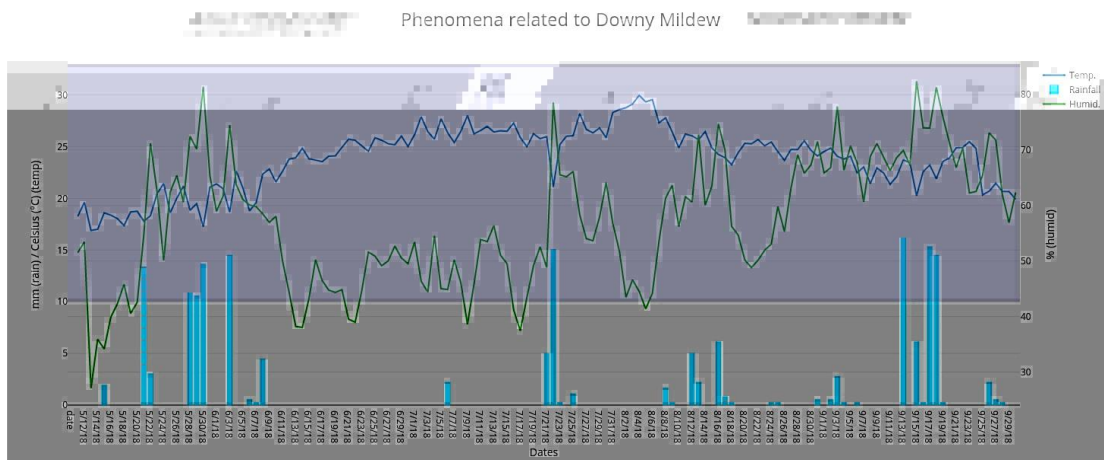
Οι καιρικές συνθήκες είναι ένας από τους βασικούς συντελεστές ανάπτυξης ασθενειών στον αμπελώνα, τον οποίο δεν μπορούμε να ελέγξουμε, μπορούμε όμως να κάνουμε βραχυχρόνια πρόβλεψή του και επακόλουθα πρόβλεψη συνθηκών που θα ευνοήσουν την ανάπτυξη των ασθενειών έγκαιρα ώστε να κάνουμε κάθε δυνατή παρέμβαση (Trilles, 2019).

Ειδικά η βροχή και η υψηλή υγρασία ενισχύουν τον κίνδυνο ασθενειών. Η παρακολούθηση του καιρού είναι σημαντική ένδειξη πιθανότητας μόλυνσης και υπάρχει ποικιλία μοντέλων πρόβλεψης.

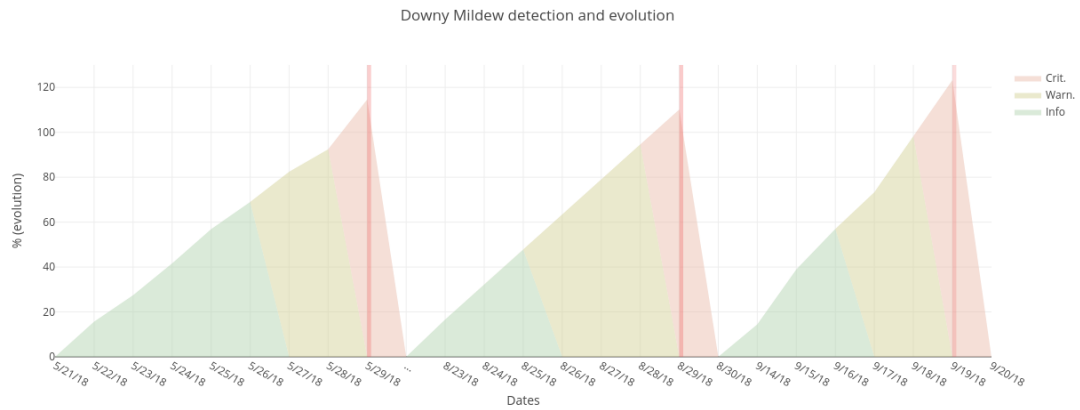
Σε ερευνητική εγκατάσταση στην Castelló της Ισπανίας μελετήθηκε η δυνατότητα πρόβλεψης 4 ασθενειών. Τα μοντέλα που χρησιμοποιήθηκαν είχαν φτιαχτεί για μελέτη μετεωρολογικών δεδομένων σε δεύτερο χρόνο και σύγκριση με τα κύματα της ασθένειας. Στην συγκεκριμένη έρευνα χρησιμοποιήθηκαν κόμβοι Iot για παρακολούθηση των μετεωρολογικών δεδομένων και προειδοποίηση σε σχεδόν πραγματικό χρόνο (Trilles, 2019).

Οι ασθένειες που μελετήθηκαν είναι οι παρακάτω:

- Περονόσπορος. Το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε είναι το Goldanich, στο οποίο οι παράμετροι που μετρούνται είναι η θερμοκρασία, η υγρασία και η βροχόπτωση. Η διακύμανση των παραμέτρων αυτών στην διάρκεια παρατήρησης της έρευνα φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα.

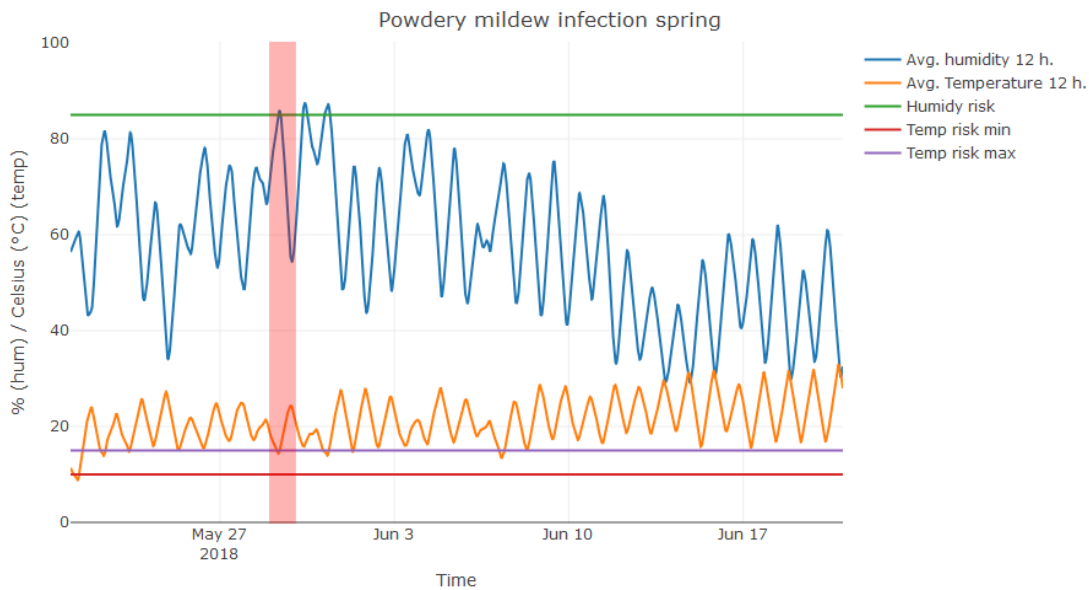


Εικ: 13. Φαινόμενα σχετιζόμενα με την εμφάνιση Περονόσπορου (Trilles, 2019) .

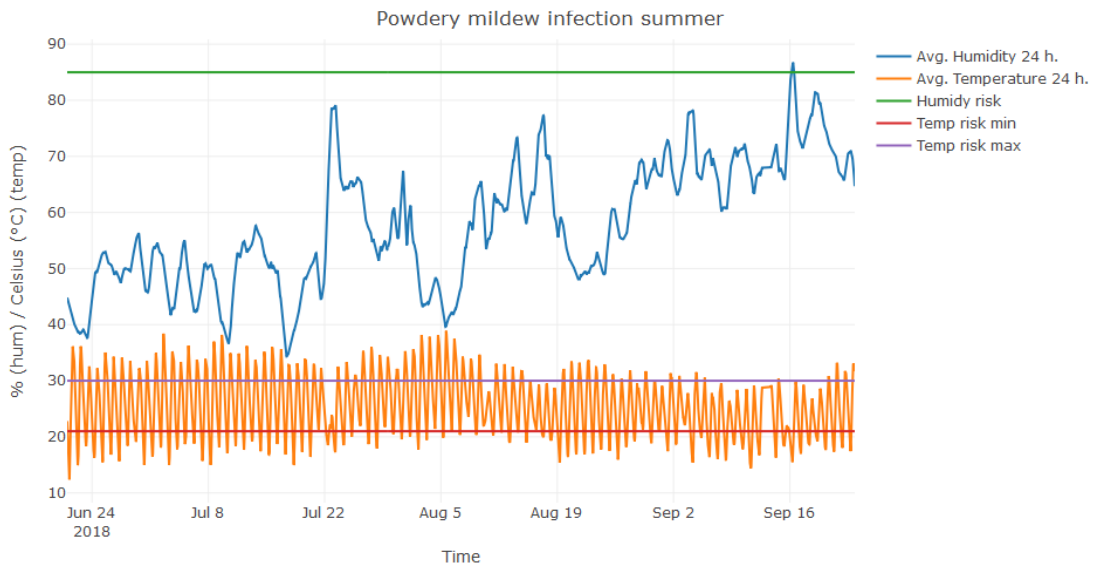


Εικ: 14. Εξέλιξη του μοντέλου Goldanich για την ανιχνευόμενη προσβολή Περονόσπορου (Trilles, 2019).

- Ωίδιο. Το μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε χρησιμοποιεί κυρίως την θερμοκρασία και την υγρασία και έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά εκκίνησης για την άνοιξη και το καλοκαίρι.

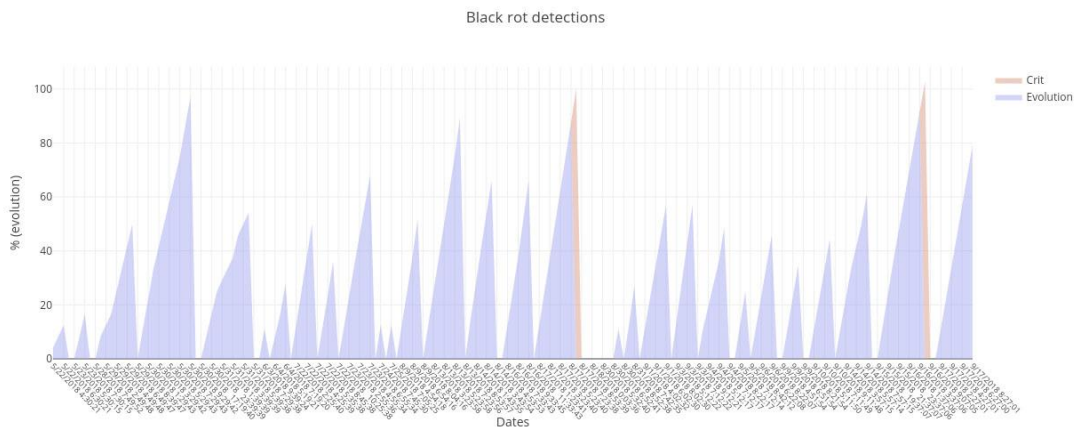


Εικ: 15. Εξέλιξη του ωιδίου την άνοιξη (Trilles, 2019).



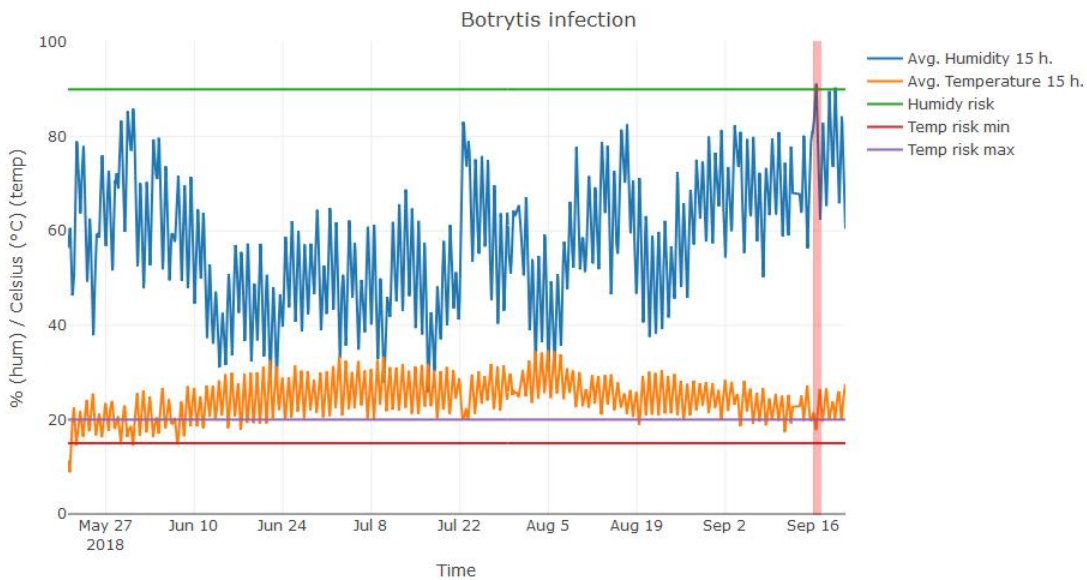
Εικ: 16. Εξέλιξη του ωιδίου το καλοκαίρι (Trilles, 2019).

- Μαύρη σήψη. Συνολικά το μοντέλο ξεκίνησε και υπολόγισε συσσωρευμένες τιμές για 30 φορές. Έδωσε 2 προειδοποιήσεις πιθανότητας εμφάνισης της ασθένειας από τις οποίες η δεύτερη ήταν μετά την συγκομιδή



Εικ: 17. Εξέλιξη της πιθανότητας μόλυνσης από μαύρη σήψη (Trilles, 2019).

- Βοτρυτίς. Για αυτή την ασθένεια εμπλέκονται δύο φαινόμενα. Η θερμοκρασία και η υγρασία. Όταν καταφθάνει μία νέα παρατήρηση υπολογίζεται μία συσσωμάτωση των τελευταίων 15 ωρών. Μόνο μία ανίχνευση της ασθένειας βρέθηκε από το μοντέλο και ο καρπός είχε ήδη συγκομιστεί ([Trilles, 2019](#)).



Εικ: 18. Ανιχνεύσεις βοτρυτή ([Trilles, 2019](#)).

Οι κύριες ωφέλειες του αγρότη από την εφαρμογή είναι οικονομικές και από τον περιορισμό των απαιτούμενων ποσοτήτων φυτοπροστατευτικών. ([Trilles, 2019](#))

2.11 Η ώρα της συγκομιδής

Ένα από τα κρίσιμα σημεία παρέμβασης για τον αμπελουργό και μετάβασης της σκυτάλης στον οίνοποιό είναι η χρονική στιγμή της συγκομιδής στο κατάλληλο στάδιο ωριμότητας. Από αυτή θα βοηθηθεί η επίτευξη του τελικού προϊόντος στόχου και θα έχει αποτυπωθεί η μέχρι εκείνη την στιγμή ιστορική διαδρομή των καιρικών συνθηκών, θρέψης και συγκέντρωσης ουσιών που θα δώσουν το πλαίσιο μετέπειτα διεργασιών και τελικών φυσικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών.

Η μέχρι σήμερα διαδικασία προβλέπει παραλαβή δειγμάτων αντιπροσωπευτικά από την καλλιέργεια, λαμβάνοντας υπόψη την χωρική παραλλακτικότητα οφειλόμενη στο ανάγλυφο, την ανομοιομορφία θρεπτικών, εδαφικής υγρασίας, μικροκλίματος και μικροβιακής χλωρίδας και άλλα. Ανάλογα με τις δυνατότητες της εγκατάστασης ο τρύγος θα πραγματοποιηθεί όταν η μέση σύσταση θα δώσει το επιθυμητό αποτέλεσμα ή σε άλλες περιπτώσεις σταδιακά κατά τόπους και σε κάθε περίπτωση ο οίνοποιός έχει πάντα την επιλογή της μίξης σε διάφορα στάδια που θα δώσει το επιθυμητό μέσο αποτέλεσμα.

Όλο και πιο πολλές μικροαναλυτικές φορητές συσκευές δίνουν άμεσα και γρήγορα αποτελέσματα εκτίμησης της σύστασης των ραγών. Στο μέλλον θα μπορέσουν να βοηθήσουν και πιο προχωρημένες εφαρμογές όπως με την χρήση απεικόνισης από ψηλά. Η ολοένα βελτίωση και πτώση τιμής σε drones, καμερών σε διάφορες περιοχές φάσματος και ανάπτυξη λογισμικού από διεπιστημονικές ομάδες υπόσχονται νέα πεδία εφαρμογών πιο γρήγορα από τον χρόνο και το κόστος συλλογής και ανάλυσης δειγμάτων.

Σε μία τέτοια εφαρμογή στο Πανεπιστήμιο της Λεόν στην Βόρεια Ισπανία μία ομάδα έρευνας Γεωματικής και Χαρτογραφικής Μηχανικής χρησιμοποίησε ένα κοινό drone με δυνατότητα απεικόνισης σε RGB. Ταυτόχρονα λήφθηκαν και αναλύθηκαν δείγματα ραγών συγκεκριμένων χωρικών συντεταγμένων.

Οι ορθοεικόνες που λήφθηκαν από τις διάφορες ζώνες καλλιέργειας υποβλήθηκαν σε εξισώσεις μετασχηματισμού και χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό 10 δεικτών βλάστησης και άλλων 2 που προτάθηκαν. Κατόπιν έγινε συσχετισμός των 12 αυτών οπτικών δεικτών με 15 μεταβλητές του καρπού που αναλύθηκαν στο έδαφος με κλασσικές μεθόδους για τις ίδιες περιοχές.

Σαν αποτέλεσμα προέκυψε σημαντική συσχέτιση για το βάρος 100 ραγών, την συγκέντρωση μηλικού οξέος, τεστ άλφα αμινικού αζώτου, φαινολικό δείκτη ωρίμανσης και τον ολικό πολυφαινολικό δείκτη.

Όπως είναι λογικό η εφαρμογή τέτοιων μεθόδων γίνεται πιο συμφέρουσα και οι κλασσικές δειγματοληπτικές δοκιμασίες λιγότερο πρακτικές όσο μεγαλύτερη είναι η έκταση καλλιέργειας. Σε αυτές τις περιπτώσεις την ίδια χωρική ανάλυση μπορεί να κάνει ένα αεροσκάφος, επανδρωμένο ή μη, η ένας δορυφόρος.

Η αμπελοκαλλιέργεια έχει την πρόκληση της ασυνέχειας στην καλλιέργεια σε σχέση με άλλες καλλιέργειες όπως και πιθανή ύπαρξη ζωνών σκίασης που δυσκολεύουν τους υπολογισμούς των φασματικών δεικτών με τους σημερινούς αλγόριθμους ψηφιακής επεξεργασίας.

Σε κάθε περίπτωση όμως ολοένα και καλύτερα θα μπορούμε να πραγματοποιούμε παρακολούθηση, ανάλυση, καταγραφή και χαρτογράφηση παραλλακτικότητας στην δομή της βλάστησης και τις βιοτικές, αβιοτικές και φυσικές παραμέτρους την πρόβλεψη δεικτών ποιότητας και τον χωρικό εντοπισμό φυτοπαθολογικών και εντομολογικών και άλλων προσβολών. ([García, 2021](#)).

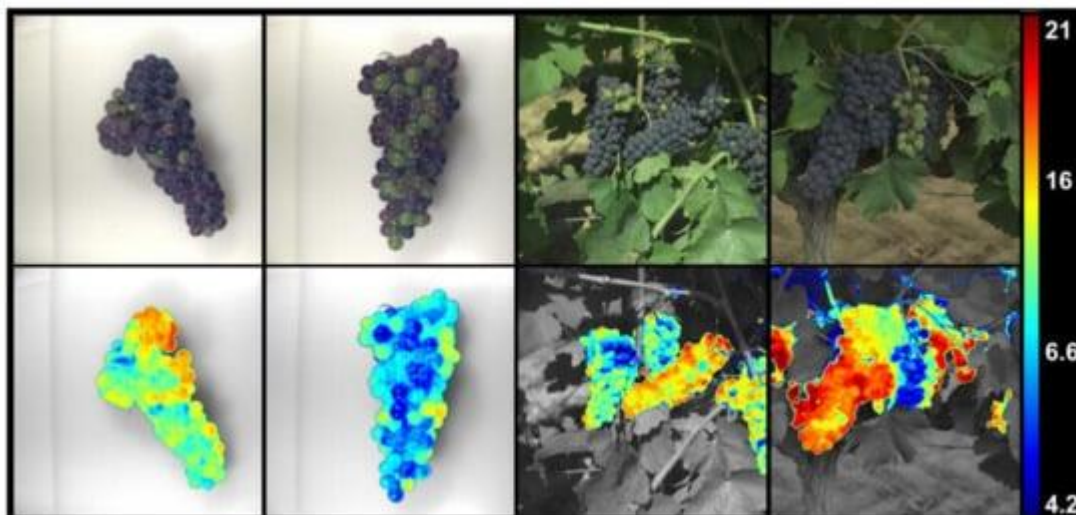
Σε μία άλλη ερευνητική εργασία χρησιμοποιήθηκαν οπτικές τεχνικές για τον χαρακτηρισμό της χημικής σύνθεσης ερυθρών σταφυλιών Tempranillo και Syrah σε περιοχή θερμού κλίματος στην διάρκεια δύο περιόδων καλλιέργειας ([Pulido R. 2022](#)).

Μαθηματικά μοντέλα εκπαιδευτήκαν με εργαστηριακές εικόνες καρπών και επεκτάθηκαν για επέκταση σε εικόνες του αγρού. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκε υπερφασματική κάμερα μεταξύ 400 και 1000 nm ενώ για την μέτρηση των γιγάρτων χρησιμοποιήθηκε επιτραπέζια υπερφασματική κάμερα μεταξύ 900 και 1700 nm.

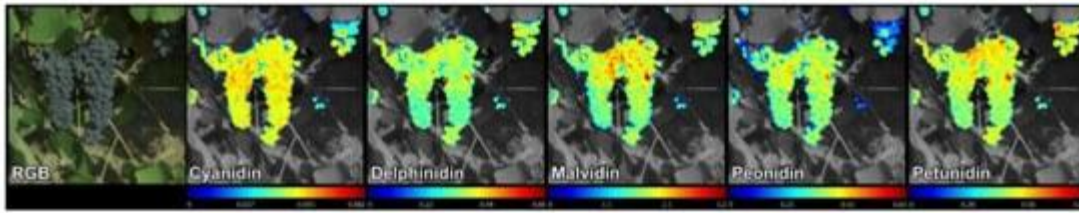
Με τις υπερφασματικές τεχνικές μπορεί να μετρηθεί συνάμα και η χημική σύνθεση αλλά και η κατανομή της στην επιφάνεια των ραγών. Αυτό είναι ένα βήμα πέρα από αυτό που μπορούν να δώσουν οι απλές RGB κάμερες ακόμα και με την χρήση τεχνητής ευφυΐας. Ακόμα απαλλάσσει από την χρονοβόρα διαδικασία της HPLC για διερεύνηση διαφόρων ουσιών που φέρουν το ίδιο χρωμοφόρο σαν συνέχεια μίας φασματοφωτομετρίας στα 280nm 360nm και 520nm.

Στον οίνο υπάρχουν δύο ζώνες απορρόφησης στα 1450 nm και τα 1950 nm που αντιστοιχούν στην δονητική ανταπόκριση του δεσμού O-H που υπάρχει στο νερό και την αιθανόλη. Όλες όμως οι φαινολικές ενώσεις που έχουν κοινούς πολλαπλούς δεσμούς έχουν ταυτόχρονο αντίκτυπο στο φάσμα.

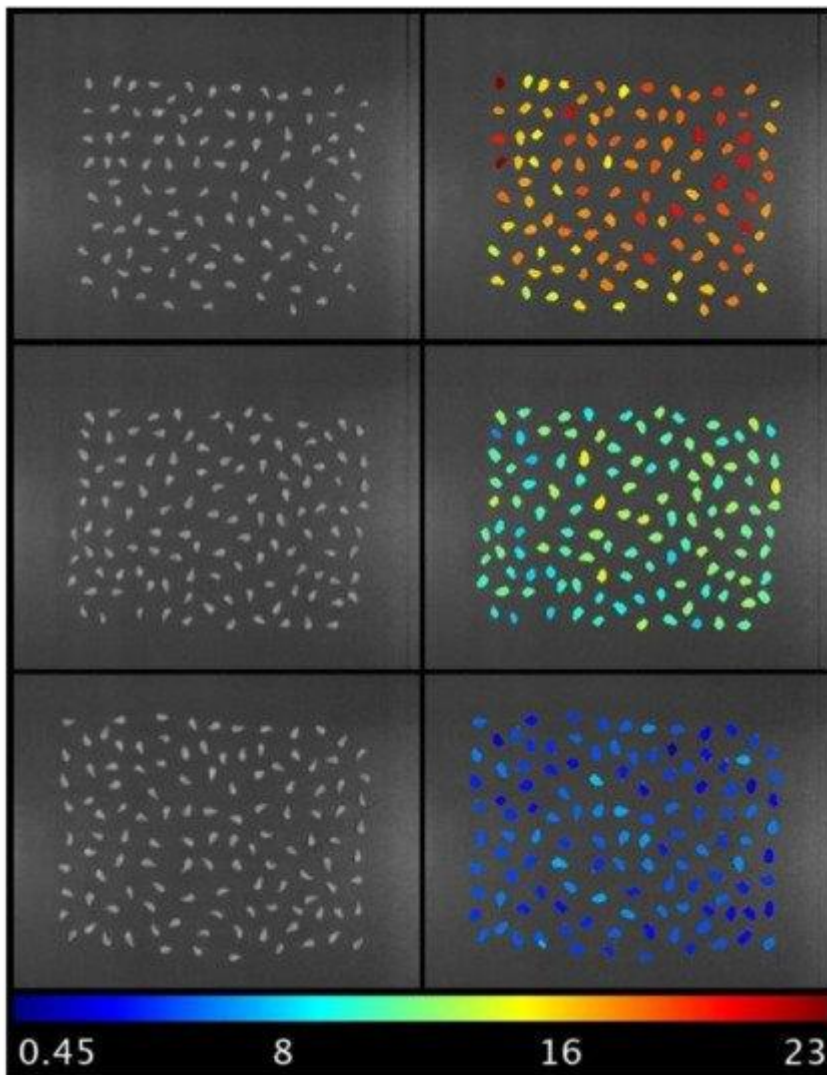
Επιλέγοντας τα κατάλληλα μήκη κύματος σε πολυμεταβλητές χημειομετρικές τεχνικές δόθηκε η δυνατότητα πρόβλεψης κάποιων οικογενειών ενώσεων στον οίνο ([Pulido, 2022](#)). Με την ερευνητική αυτή εργασία φάνηκε ότι είναι δυνατή η ποσοτική χημική ανάλυση των κλάδων του αμπελώνα χωρίς προηγούμενη δειγματοληψία. Για ισχυροποίηση του μοντέλου πρόβλεψης οι εικόνες λήφθηκαν ανεξάρτητα από τις περιβαλλοντικές συνθήκες όπως ηλιακό φως και σκίαση.



Εικ: 19. Πρόβλεψη ο Brix με υπερφασματικές εικόνες ([Pulido, 2022](#)).



Εικ: 20. Πρόβλεψη ανθοκυανών σε δείγματα Syrah ([Pulido, 2022](#)).



Εικ: 21. Πρόβλεψη ολικών φαινολικών σε γίγαρτα Syrah κατά την διάρκεια ωρίμανσης ([Pulido, 2022](#)).

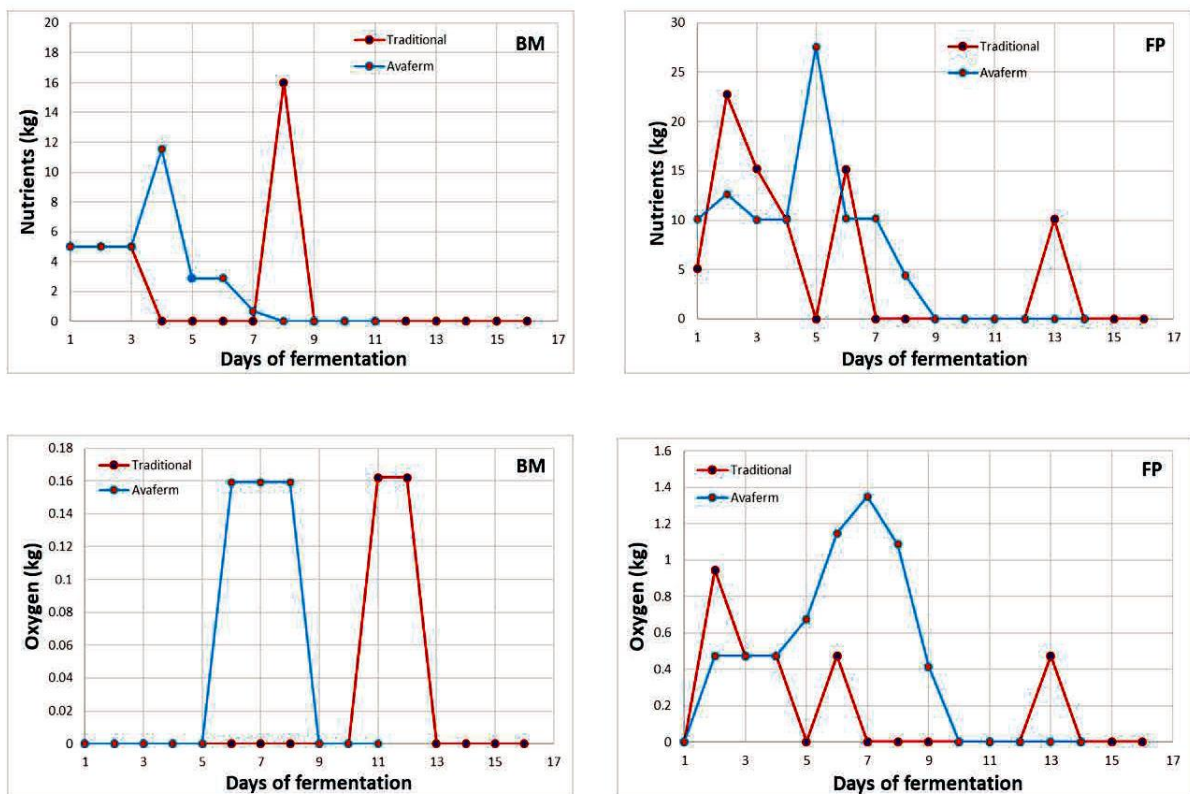
2.12 Ζύμωση 4.0

Στα πλαίσια του ψηφιακού μετασχηματισμού διστακτικά αλλά ολοένα και περισσότερο η αλκοολική ζύμωση παρακολουθείται με αισθητήρες σε πραγματικό χρόνο και με απομακρυσμένο έλεγχο.

Σε μία ερευνητική εργασία αναλύθηκε ένα σύστημα αυτόματης διαχείρισης των θρεπτικών των ζυμών κατά την αλκοολική ζύμωση σε σύγκριση με μία παραδοσιακή διαχείριση της ζύμωσης από την πλευρά της περιβαλλοντικής, διαχειριστικής και οικονομικής απόδοσης ([Giovenzana, 2021](#)).

Το αυτοματοποιημένο σύστημα είναι ένα μεταφερόμενο και εύκολο στην τοποθέτηση σύστημα που αποτελείται από μία μονάδα ελέγχου στην οποία έχουν φορτωθεί καμπύλες κινητικής της ζύμωσης και δοσομετρικές ράβδοι προσθήκης θρεπτικών. Οι καμπύλες είναι προκαθορισμένες ή και προσαρμοσμένες στις ανάγκες του οινολόγου. Έτσι ο χρόνος ζύμωσης, οι εργατοώρες, τα θρεπτικά συστατικά το νερό το οξυγόνο και η κατανάλωση ενέργειας εκτιμήθηκαν σχετιζόμενα με την διαδικασία ζύμωσης ([Giovenzana, 2021](#)).

Σε αυτή την έρευνα φάνηκε κέρδος σε εργατικά, κατανάλωση νερού αν και το κόστος μονάδας για τα θρεπτικά του αυτοματοποιημένου συστήματος έχουν ακριβότερο κόστος ανά κιλό σε σχέση με τα συμβατικά.



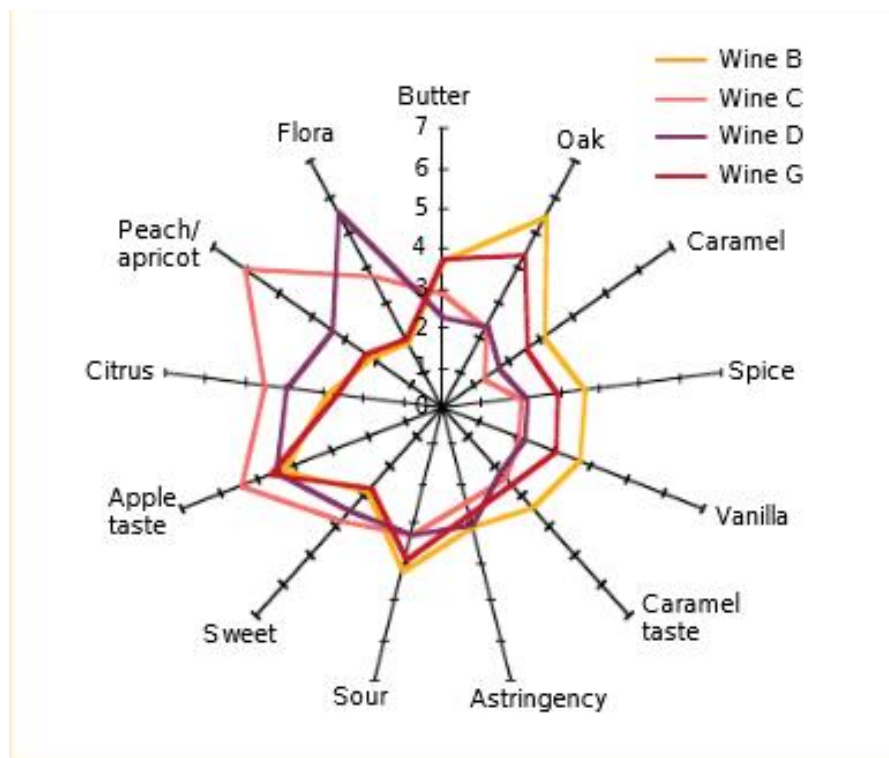
Εικ: 22. Χρόνος ζύμωσης, κόκκινο χρώμα κλασικός, μπλέ αυτοματοποιημένος, BM=Οινοποιείο Borgo Molino , FP= Οινοποιείο Forli Predappio, ([Giovenzana, 2021](#)).

Οι μεγαλύτερες μονάδες φαίνονται πιο εύκολο να μεταβούν στον ψηφιακό μετασχηματισμό της διαδικασίας της ζύμωσης παρά οι μικρότερες παραδοσιακές μονάδες.

2.13 Χημειομετρία και αποτύπωμα Οίνου

Η γνώση της χημικής σύνθεσης του οίνου είναι ανεπαρκής για την πρόγνωση της ανθρώπινης προτίμησης. Οι πρόσφατες προσπάθειες των χημικών των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών είναι εστιασμένες στην σύνδεση χημικών και οργανοληπτικών μετρήσεων. Σε μία τέτοια εφαρμογή ένας εκπαιδευμένος δοκιμαστής οσφραίνεται την εκλούμενη έξοδο ενός αεριοχρωματογραφήματος ([Bisson, Nature, Αύγουστος 2002](#)).

Οι αποκρίσεις του καταγράφονται και συγκρίνονται με τα σήματα του χημικού ανιχνευτή, για τις ουσίες που έχουν σημαντικότερο αντίκτυπο στο άρωμα. Όταν επανενωθούν οι ενώσεις τα αρωματικά χαρακτηριστικά θα προσομοιάζουν στενά τις ιδιότητες του αυθεντικού οίνου. Οι επιδράσεις των στοιχείων έχουν διαδράσεις με στοιχεία της μήτρας του οίνου, σάκχαρα, αιθανόλη, λιπίδια και πολυφαινόλες πχ. Οι κριτές ταυτοποιούν χαρακτηριστικά διαφοροποίησης μίας ομάδας οίνων και μετά τα εκτιμούν ως προς την ένταση του κάθε διαφορετικού χαρακτηριστικού. Με αυτό τον τρόπο σχεδιάζονται οργανοληπτικά προφίλ που συγκρίνουν οπτικά τις διαφορές στους οίνους όπως στο παρακάτω διάγραμμα ([Bisson L., Nature, Αύγουστος 2002](#)).



Εικ: 23. Οργανοληπτικά προφίλ 4 οικονομικών Οίνων Το κέντρο του διαγράμματος αφορά χαμηλές εντάσεις και η περιφέρεια υψηλές εντάσεις Chardonnay ([Bisson L., Nature, Αύγουστος 2002](#)).

Στατιστικά εργαλεία πολυμεταβλητής ανάλυσης και τεχνητών νευρωνικών δικτύων χρησιμοποιούνται για την συσχέτιση της χημικής και οργανοληπτικής πληροφορίας με την υποκειμενική προτίμηση των καταναλωτών. Κατόπιν τα οργανοληπτικά και χημικά μοντέλα συσχετίζονται με χαρακτηριστικά όπως η τιμή, η φήμη του παραγωγού, οι πληροφορίες ετικέτας ως προς την επιλογή του καταναλωτή. Αυτές οι αναλύσεις δείχνουν την πολυπλοκότητα των εργαλείων που θα χρειαστούν για την κατανόηση συσχετίσεων χημείας, αντίληψης, προτίμησης και συμπεριφοράς ([Bisson, Nature, Αύγουστος 2002](#)).

Σε μία έρευνα έγινε προσπάθεια διαχωρισμού με Χημειομετρικές μεθόδους, του τρόπου παλαίωσης δύο οίνων Sherry που είχαν παραχθεί με την μέθοδο Solera (Criaderas y Solera) αλλά είχαν παλαιώσει το ένα με την μέθοδο Fino με βιολογική παλαίωση κάτω από ένα υμένιο ζυμών και το άλλο τύπου Amontillado όπου μετά την βιολογική παλαίωση υπόκειται σε οξειδωτική παλαίωση η οποία του δίνει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά ([Valcárcel, 2022](#)).

Κατά την παλαίωση οργανικά οξέα, εστέρες, ανώτερες αλκοόλες, φαινολικά συστατικά και διαδικασίες εξάτμισης εξελίσσονται κατά την διάρκεια της παλαίωσης μαζί με φυσικοχημικές αντιδράσεις και την συνεισφορά του ξύλου και της δράσης μικροοργανισμών. Οι οίνοι Sherry βελτιώνουν το οργανοληπτικό τους προφίλ, όπως αποδεικνύεται από τις γευστικές δοκιμές. Μετά από στατιστική ανάλυση των μετρήσεων βρέθηκαν δύο μοντέλα, ένα για κάθε τύπο οίνου που μπορεί με 4 μόνο μεταβλητές να εκτιμήσει την ηλικία της παλαίωσης με περισσότερο από 99% εμπιστοσύνη και άρα αποτελεί ένα πολύ καλό εργαλείο εκτίμησης την παλαίωσης στο οινοποιείο ([Valcárcel, 2022](#)).

2.14 Το Ψηφιακό Δίδυμο.

Το ψηφιακό δίδυμο είναι μία εικονική αναπαράσταση που εξυπηρετεί σαν ένα ψηφιακό ομοίτυπο αντίγραφο ενός φυσικού αντικειμένου ή διαδικασίας.

Το μοντέλο περιλαμβάνει τα εξής τρία μέρη.

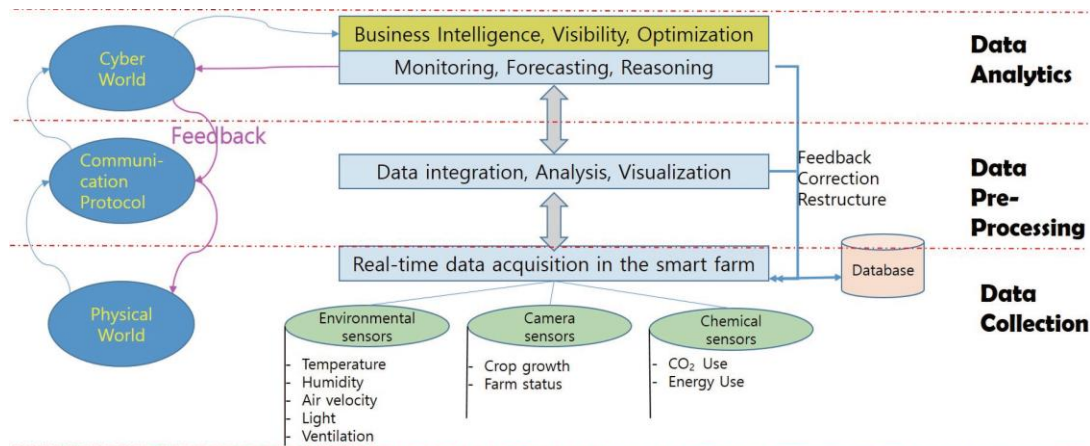
- Το φυσικό προϊόν στον πραγματικό χώρο
- Τα εικονικά προϊόντα στον εικονικό χώρο
- Τις συνδέσεις δεδομένων και πληροφοριών ανάμεσα στο εικονικό και το πραγματικό προϊόν

Σε ένα τέτοιο παράδειγμα σε έρευνα εξερευνήθηκε η πρόσφατη τάση της μοντελοποίησης του ψηφιακού δίδυμου σαν μέρος της Ευφυούς Γεωργίας ([Sung, 2022](#)).

Αισθητήρες τοποθετημένοι στο πεδίο του ευφυούς αγρού όπως και περιβαλλοντικοί αισθητήρες θερμοκρασίας, υγρασίας, ταχύτητας αέρα, κατάστασης φωτισμού συλλέγουν τα δεδομένα. Από τους αισθητήρες κάμερας συλλέγονται πληροφορίες ανάπτυξης των φυτών και της κατάστασης του αγρού ενώ χημικοί αισθητήρες επιβλέπουν το CO₂ και την ενέργεια που καταναλώνεται.

Τα μεγάλα δεδομένα που συλλέγονται μεταφέρονται με το πρωτόκολλο επικοινωνίας όπου υφίστανται μία προ επεξεργασία όπου ανιχνεύονται και αποκαθίστανται τιμές που λείπουν. Κατόπιν μεταφέρονται στο άρθρωμα ανάλυσης δεδομένων.

Σε αυτό εφαρμόζονται τεχνικές εξόρυξης δεδομένων, μοντέλα πρόβλεψης και βελτιστοποίησης. Τα ευρήματα ανατροφοδοτούνται στον φυσικό κόσμο για να γίνουν οι απαραίτητες διορθωτικές ενέργειες, όπως όλα τα αυτά φαίνονται στο επόμενο σχήμα.



Εικ: 24. Η αρχιτεκτονική 3 επιπέδων του ψηφιακού δίδυμου ευφυούς Γεωργίας ([Sung Y. 2022](#)).

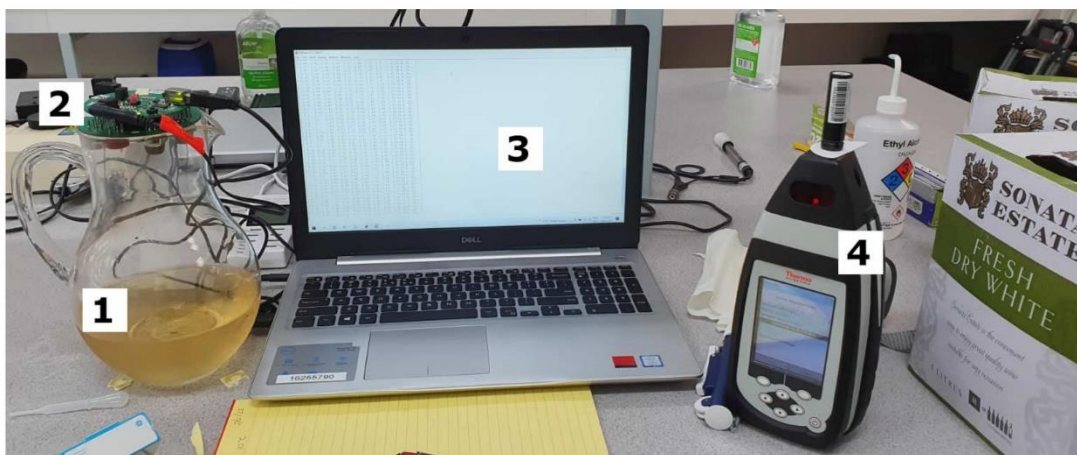
Τα ψηφιακά δίδυμα έχουν ανάπτυξη εφαρμογής στην ευφυή γεωργία την τελευταία δεκαετία. Με αυτά οι γεωργοί μπορούν να επιβλέπουν και να ελέγχουν απομακρυσμένα από την γη και το χώμα την καλλιέργεια σε άλλο επίπεδο, με απόσταση μεναξύ της φυσικής ροής και του κυβερνοελέγχου ([Sung Y. 2022](#)).

2.15 Μηχανική μάθηση, πρόβλεψη και blending.

Η μηχανική μάθηση αποτελεί μέρος της Τεχνητής Ευφυΐας. Είναι εξέλιξη της στατιστικής ανάλυσης δεδομένων χωρίς να αποτελεί πάντα μία στατιστική επεξεργασία. Χρησιμοποιεί τα δεδομένα για να δημιουργήσει παραπέρα γνώση χωρίς προκαθορισμένη πορεία ώστε να βοηθήσει σε προβλέψεις ή αποφάσεις. Χρησιμοποιείται σε τομείς που οι κλασικοί αλγόριθμοι δυσκολεύονται ή αδυνατούν να ανταποκριθούν (μηχανική όραση, αναγνώριση φωνής και κειμένων).

Σε μία τέτοια έρευνα χρησιμοποιήθηκε φασματοσκοπία εγγύς υπέρυθρου NIR σε συνδυασμό με συσκευή ηλεκτρονικής όσφρησης (e-nose) με την χρήση μηχανικής μάθησης για ανίχνευση σφαλμάτων οίνου.

Τυπικά η εκτίμηση ελαττωμάτων στον οίνο γίνεται με ανάλυση με GC-MS (αέρια χρωματογραφία σε συνδυασμό με φασματογράφο μάζας) που είναι ακριβός εξοπλισμός και χρονοβόρα διαδικασία. Άλλη προσέγγιση είναι η οργανοληπτική εκτίμηση του οινοποιού ή ομάδας ειδικών που είναι υποκειμενική μέθοδος και δεν μπορεί να ποσοτικοποιηθεί. Αν δε γίνει στο τελικό προϊόν είναι ήδη αργά. Στην μέθοδο αυτή χρησιμοποιήθηκε φασματοσκοπία εγγύς υπέρυθρου σε συνδυασμό με φορητό σύστημα ηλεκτρονικής μύτης και μοντέλου μηχανικής μάθησης (Viejo, 2022).



Τα

Εικ: 25. 1=Δείγμα οίνου, 2=Οικονομική ηλεκτρονική μύτη, 3=Υπολογιστής συλλογής και επεξεργασίας δεδομένων, 4=Φασματογράφος εγγύς υπέρυθρου μάθησης (Viejo, 2022).

αποτελέσματα έδειξαν ότι και η χημική αποτύπωση στην κλίμακα 1596-2396 nm και οι πτητικές ενώσεις που μετρήθηκαν με την ηλεκτρονική μύτη ήταν αποτελεσματικές στον εντοπισμό σφαλμάτων (Viejo, 2022).

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα των μεθόδων τεχνητής ευφυΐας είναι η ενσωμάτωση σε ένα μοντέλο ψηφιακού δίδυμου όπως εξηγήθηκε προηγουμένως όπου με παρακολούθηση στο στάδιο του αμπελώνα, κατά την συγκομιδή και κατά την ζύμωση είναι δυνατή η διενέργεια εποχικών προσομοιώσεων βασισμένων σε μετεωρολογικές προβλέψεις, διαθεσιμότητα νερού για βελτίωση των χαρακτηριστικών και μείωση των ελαττωμάτων σε όλες τις φάσεις παραγωγής (Viejo, 2022).

Σε μία άλλη έρευνα μελετήθηκε η χρήση φασματοφωτομετρίας σε συνδυασμό με μηχανική μάθηση για την ανάμιξη παρτίδων σε οίνο ποιότητας και την μελέτη της διατήρησης των χαρακτηριστικών αυθεντικότητας με τον χρόνο ([Ranaweera, 2022](#)).

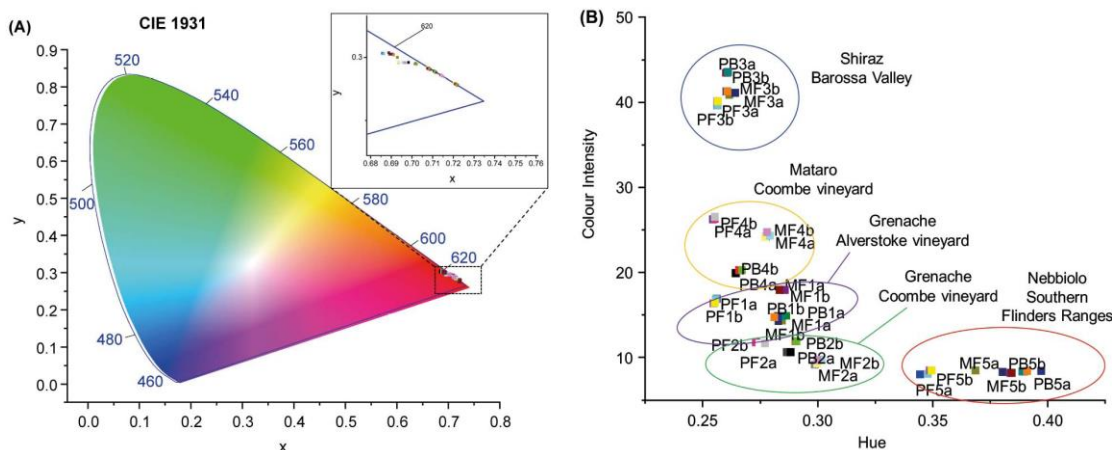
Λίγες μελέτες έχουν γίνει για να ταυτοποιηθούν δείκτες ανίχνευσης κατά την οινοποίηση. Η ανάλυση μετάλλων κατά την διάρκεια της διαδικασίας οινοποίησης έδειξε ότι λίγα στοιχεία διατηρούν σταθερές συγκεντρώσεις. Η φασματοφωτομετρία FT-IR δείχνει ότι το φαινολικό προφίλ δεν αλλάζει κατά την κύρια ζύμωση αλλά και την μηλογαλακτική. Η ανάμιξη παρτίδων όμως (blending) που είναι σημαντικό βήμα στην παραγωγή οίνων με ελκυστικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά επηρεάζει τις πολυφαινόλες και το χρώμα και η πρωτεϊνική σταθεροποίηση με μπετονίτη μπορεί να αλλάξει την κατανομή των μετάλλων ([Ranaweera, 2022](#)).

Στην μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκε συνδυασμός της μεθόδου A-TEEM (absorbance-transmission and fluorescence excitation-emission matrix) σε συνδυασμό με Μηχανική Μάθηση. Η αναλυτική μέθοδος A-TEEM αφορά την ταυτόχρονη λήψη της μήτρας απορρόφησης, εκπομπής και του φάσματος εκπομπής διέγερσης φθορισμού ενός δείγματος. Το μοντέλο μηχανικής μάθησης εξέτασε για πρώτη φορά δύο υποθέσεις:

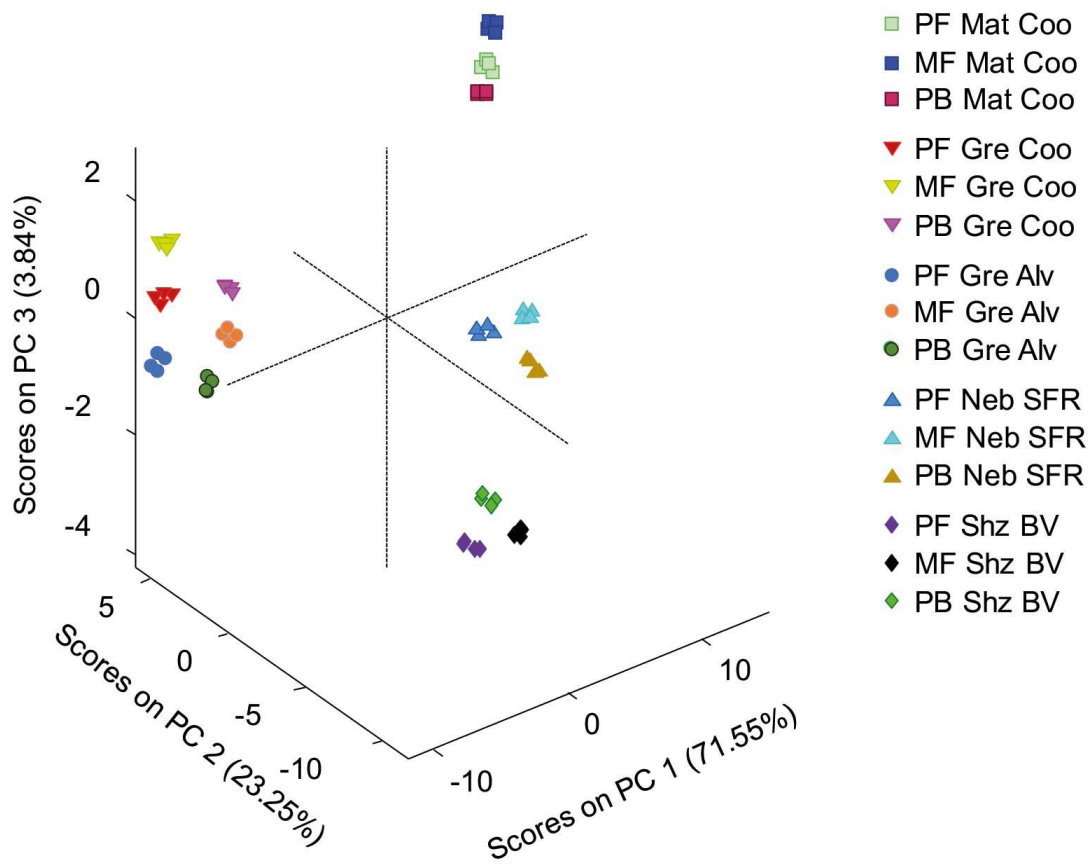
- Το μοριακό αποτύπωμα του οίνου σε συσχέτιση με την προέλευση και πως αυτό ανιχνεύεται στην διαδικασία της οινοποίησης.
- Την ανίχνευση ποσοστιαίας αναλογίας ανάμιξης παρτίδων κατά το blending.

Για την παραγωγή χρησιμοποιήθηκαν 5 μονοποικιλιακοί οίνοι

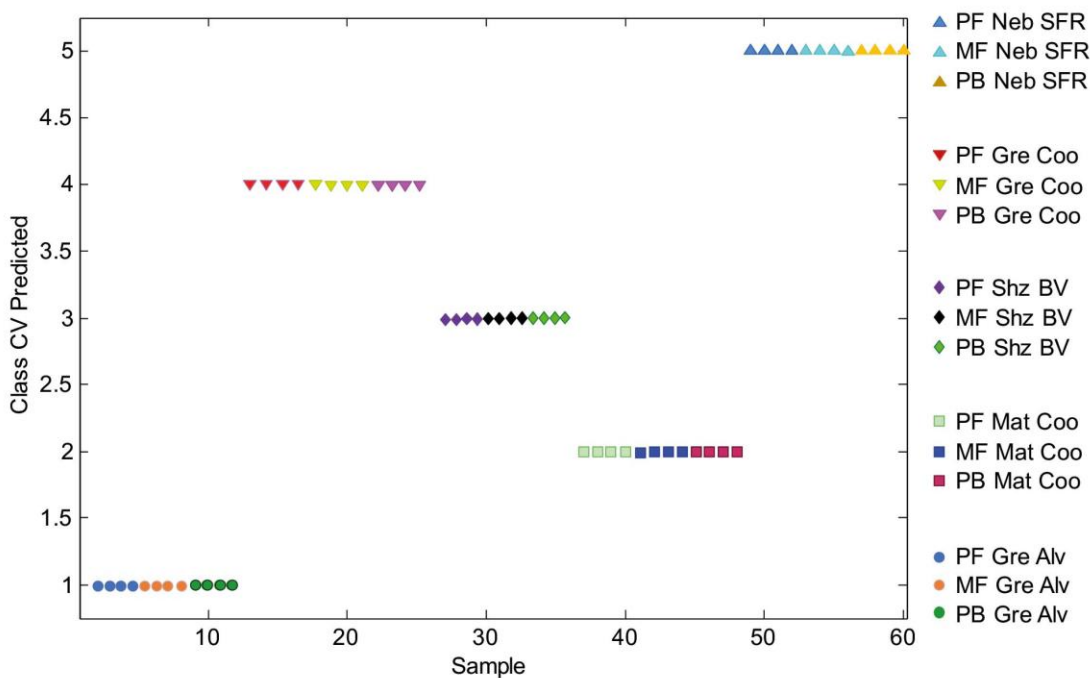
- Grenache από δύο διαφορετικά αμπελοτόπια
- Mataro
- Shiraz
- Nebbiolo



Εικ: 26. Ανάλυση χρωματικών παραμέτρων PF= μετά την κύρια ζύμωση, MF=μετά την μηλογαλακτική ζύμωση, PB= προ ανάμιξης-blending ([Ranaweera, 2022](#)).

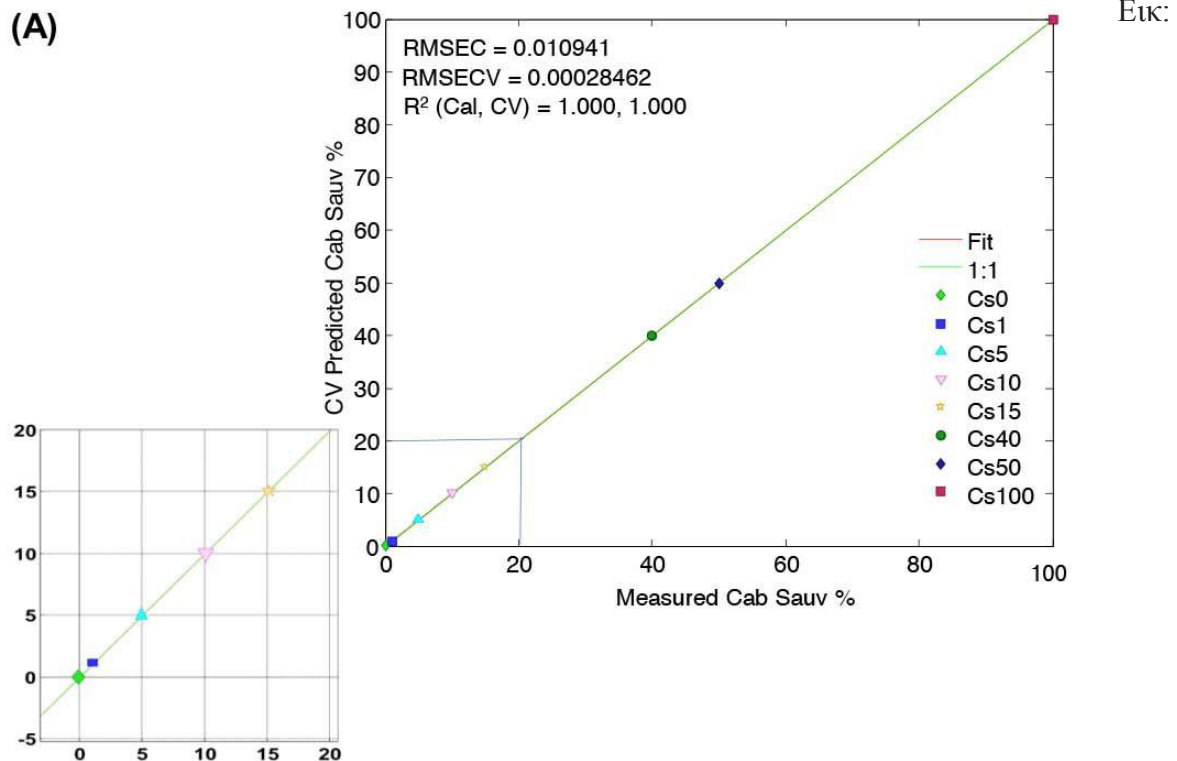


Εικ: 27. Ανάλυση και διαχωρισμός ανάλογα της προέλευσης με μοριακό αποτύπωμα φορισμού με PCA (Ranaweera, 2022).



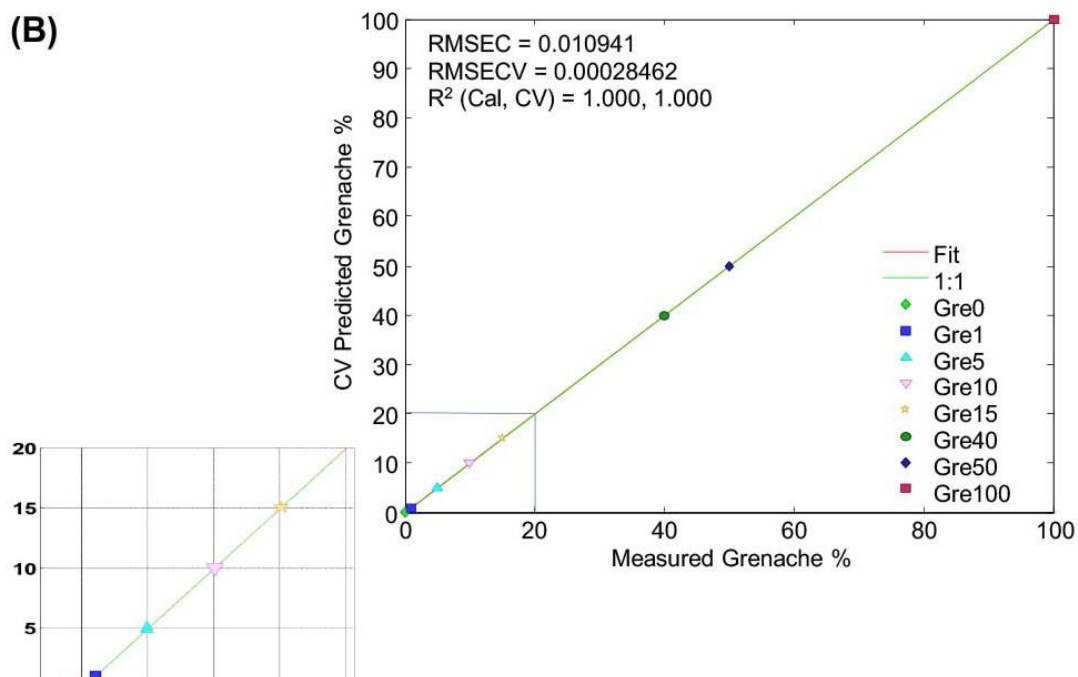
Εικ: 28. Πρόβλεψη διαχωρισμού σε τάξεις με την μέθοδο CV (Ranaweera, 2022).

Η μέθοδος CV – Cross Validation είναι ένα χρήσιμο εργαλείο της Χημειομετρίας που εκτιμά την βέλτιστη πολυπλοκότητα ενός μοντέλου και της απόδοσής του όταν εφαρμόζεται σε άγνωστα δεδομένα.



Εικ:

Εικ: 30. Απόλυτη ταύτιση μετρούμενου και προβλεπόμενου ποσοστού Cabernet Chauvignon στο μείγμα του blending ([Ranaweera, 2022](#)).



Εικ: 29. Απόλυτη ταύτιση μετρούμενου και προβλεπόμενου ποσοστού Grenache στο μείγμα του blending ([Ranaweera, 2022](#)).

Η ευαισθησία της μεθόδου A-TEEM ήταν τέτοια που επέτρεψε την ακριβή μοντελοποίηση μειγμάτων που περιείχαν μέχρι και 1% Cabernet - Sauvignon ή Grenache σε Shiraz (Ranaweera κα 2022). Συνολικά τα αποτελέσματα έδειξαν την δυναμική του συνδυασμού της αναλυτικής μεθόδου A-TEEM με την μοντελοποίηση με μηχανική μάθηση για την χημική ιχνηλασιμότητα του οίνου τόσο την παραγωγή του για εξασφάλιση αυθεντικότητας της προέλευσης αλλά και της ανάμιξης παρτίδων για την διαμόρφωση του τελικού προϊόντος ([Ranaweera, 2022](#)) .

2.16 Logistics 4.0 και ψηφιακός μετασχηματισμός.

Η εφοδιαστική αλυσίδα είχε μεγάλη ανάπτυξη στις δεκαετίες του 1990 και 2000. Μερικές από τις τεχνολογίες που αναπτύχθηκαν και έδωσαν λύσεις στην ανάγκη έγκαιρης και ελεγχόμενης μεταφοράς είναι η ηλεκτρονική μεταφορά δεδομένων μέσω ίντερνετ (EDI – Electronic data interchange) τα δορυφορικά συστήματα θέσης μέσω δορυφόρου (GPS – Global Positioning Systems) και τα συστήματα υποστήριξης αποφάσεων (DSS – Decision support systems) ([Paksoy, 2021](#)) .

Σε αντιστοιχία τις περιόδους της Βιομηχανικής Επανάστασης στις μεταφορές μπορούμε να τις δούμε ως εξής.

- Logistics 1.0. Η μηχανοποίηση της μεταφοράς στο τέλος του 19^{ου} αιώνα και αρχές 20^{ου}. Πλοία και τρένα με μηχανές με κινητήριο δύναμη τον ατμό αντικατέστησαν την δύναμη των ανθρώπων και ζώων.
- Logistics 2.0. Η αυτοματοποίηση του συστήματος παράδοσης στην δεκαετία του 60'. Το μεγαλύτερο μέρος της εργασίας ειδικά οι βαρύτερες άρχισε να γίνεται με ηλεκτροκίνητες μονάδες.
- Logistics 3.0. Η διαχείριση εφοδιασμού της δεκαετίας 80'. Εισαγωγή των συστημάτων υπολογιστών και πληροφορικής στις αποθήκες και την μεταφορά.
- Logistics 4.0. Βρισκόμαστε στα πρώτα στάδια μετάβασης. Το διαδίκτυο των αντικειμένων και των υπηρεσιών είναι οι κινητήριες δυνάμεις εξέλιξης.

Ο ταχύς ρυθμός ανάπτυξης της τεχνολογίας, ο σκληρός ανταγωνισμός, η πτητικότητα των διεθνών αγορών, η αυξανόμενη ζήτηση για προσωποποιημένες επιλογές προϊόντων και η μικρή διάρκεια ζωής πολλών από αυτά είναι μία τεράστια πρόκληση για τον κλάδο εφοδιασμού ([Paksoy, 2021](#)).

Τουλάχιστον οι ισχυρές μονάδες παραγωγής θα υιοθετήσουν το Logistics 4.0 για να διατηρήσουν τις θέσεις τους με μείωση κόστους, ευελιξία, βελτιστοποίηση και συντονισμό σε πραγματικό χρόνο. Η επίδραση θα είναι και σε φυσικό (αυτόνομα οχήματα) και σε ψηφιακό επίπεδο ([Paksoy, 2021](#)).

Στην Ολλανδία είναι ήδη κοινή εικόνα η μεταφορά εμπορευμάτων με κοντέινερ από οχήματα μη επανδρωμένα που παραλαμβάνουν και παραδίδουν τα εμπορεύματα από σημείο σε σημείο απροβλημάτιστα με ακρίβεια και αποτελεσματικότητα.

3 Συμπεράσματα

Ο ψηφιακός μετασχηματισμός των πάντων που επιτελείται στις μέρες μας είναι φυσικό και βέβαιο ότι θα περιλάβει και ολόκληρη την αλυσίδα από τον αμπελώνα μέχρι τον τελικό καταναλωτή αφού ήδη η ευφυής γεωργία είναι σε συνεχή εξέλιξη.

Μπορεί πάντα ο παράγοντας καιρός να είναι τυχαίος, διαφορετικός και όχι ελεγχόμενος αλλά όλα τα άλλα κάτω από μία ολοκληρωμένη ψηφιοποιημένη διαχείριση μπορούν να αποκτήσουν τις επιστημονικές αρχές της τυποποίησης, επαναληψιμότητας, τιθάσευσης μεταβλητών παραγόντων για ένα τελικό αποτέλεσμα σύμφωνο με τις προδιαγραφές που θα έχουν τεθεί.

Έτσι εκτός από τον οργανοληπτικό χαρακτήρα του τελικού προϊόντος που είναι το βασικό ζητούμενο και οι αισθήσεις του καταναλωτή ο τελικός κριτής μπορούν να επιτευχθούν και άλλοι παράγοντες.

Συμβατότητα και συμμόρφωση με νέες διεθνείς προδιαγραφές για αποτύπωμα άνθρακα και ενέργειας, ολοκληρωμένη διαχείριση με εξοικονόμηση πόρων και αγαθών με την ελάχιστη αναγκαία χρήση χημικών και άλλων πρόσθετων, μείωση παρενεργειών της κλιματικής μεταβολής.

Επειδή όπως έχει δείξει η ιστορία η υιοθέτηση νέων τεχνολογιών συμβαδίζει με την οικονομική ανάπτυξη και ευημερία του πληθυσμού κρίνεται απαραίτητο να καταβληθεί προσπάθεια έρευνας από την επιστημονική κοινότητα για καθοδήγηση σε κάθε περιοχή και είδος καλλιέργειας για βελτιστοποίηση της παραγωγής με οικονομικό και οικολογικό όφελος.

Ακόμα πρέπει να υπάρξει ενημέρωση των παραγωγών και σύνδεσμοι εφαρμογής των νέων τεχνολογιών ειδικά σε πολυετείς καλλιέργειες φαινομενικά μικρών απαιτήσεων και ελάχιστων επεμβάσεων όπως η αμπελοκαλλιέργεια και στην οινοποίηση.

Σήμερα η τεχνολογία παράγει με φθινό τρόπο άφθονα δεδομένα που με την σωστή επεξεργασία γίνονται έγκαιρη και ακριβής πληροφορία και αυτή με την σειρά της μία πολύτιμη σωστή τεκμηριωμένη απόφαση.

4 Βιβλιογραφία

- Βλαχάβας Ι. , Κεφάλας Π., Βασιλειάδης Ν. , Κόκκορας Φ., Σακελλαρίου Η. “ Τεχνητή Νοημοσύνη” 2020, Εκδόσεις Πανεπιστημίου Μακεδονίας.
- Διαμαντάρας Κωνσταντίνος, Μπότσης Δημήτρης, 2019, “Μηχανική Μάθηση” ISBN 9789604619955, Εκδόσεις Κλειδάριθμος.
- Καλοβρέκτης Κωνσταντίνος, Κατέβας Νικόλαος, 2019,“Αισθητήρες μέτρησης και ελέγχου”, ISBN 9789604187584, 3η έκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα,
- Bayih, A.Z.; Morales, J.; Assabie, Y.; de By, R.A. “Utilization of Internet of Things and Wireless Sensor Networks for Sustainable Smallholder Agriculture. *Sensors* 2022, 22, 3273. <https://doi.org/10.3390/s22093273>
- Bishop Christopher, (2019) “ Αναγνώριση προτύπων και μηχανική μάθηση” ISBN 9789603307907, Εκδόσεις Fountas.
- Bisson F. Linda , Waterhouse L. Andrew, Ebeler E.Susan, Walker M. Andrew, Lapsley T. James, *Nature* · August 2002 “The present and future of the international wine industry” <https://doi.org/10.1038/nature01018>
- Boulila, Naoufel. (2019). *Cyber-Physical Systems and Industry 4.0: Properties, Structure, Communication, and Behavior.* <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.27890.76485>
- Chedea, V.S.; Dragulinescu, A.-M.; Tomoiaga L.L.; Balaceanu, C.; Iliescu, M.L. “Climate Change and Internet of Things Technologies—Sustainable Premises of Extending the Culture of the Amurg Cultivar in Transylvania—A Use Case for Târnave Vineyard.” *Sustainability* 2021, 13, 8170. <https://doi.org/10.3390/su13158170>
- Dean Jared “Big Data, Data Mining and Machine Learning” ISBN 9781118618042, 2014, SAS Institute Inc, John Wiley & Sons, Inc.
- Frampton Michael “Big Data Made Easy: A Working Guide to the Complete Hadoop Toolset” 2015, ISBN-13 : 978-1-4842-0095-7, Apress Media - Springer Science.
- Frenz Walter, 2022. *Handbook Industry 4.0 Law, Technology, Society* ISBN 978-3-662-64447-8 <https://doi.org/10.1007/978-3-662-64448-5>
- Gagliardi, G.; Lupia, M.; Cario, G.; Cicchello Gaccio, F.; D’Angelo, V.; Cosma, A.I.M.; Casavola, A. “An Internet of Things Solution for Smart Agriculture” . *Agronomy* 2021, 11, 2140. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112140>
- García - Fernández, M.,Sanz - Ablanedo, E.; Rodríguez-Pérez, J.R. High-Resolution Drone-Acquired RGB Imagery to Estimate Spatial Grape Quality Variability. *Agronomy* 2021, 11, 655. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040655>
- Giovenzana Valentina, Baroffio Stefano, Beghi Roberto, Casson Andrea, Pampuri Alessia, Tugnolo Alessio, De Filippi Diego, Guidetti Riccardo, 2021, “Technological innovation in the winery addressing oenology 4.0: Testing of an automated system for

- the alcoholic fermentation management” *Journal of Agricultural Engineering* 2021; LII:1213 <https://doi.org/10.4081/jae.2021.1213>
- Gonzalez Viejo, C.; Fuentes, S. “Digital Assessment and Classification of Wine Faults Using a Low-Cost Electronic Nose, Near-Infrared Spectroscopy and Machine Learning Modelling”. *Sensors* 2022, 22, 2303. <https://doi.org/10.3390/s22062303>
- Groher Tanja, Heitkämper Katja, Walter Achim, Liebisch Frank, Umstätter Christina, (2020), “Status quo of adoption of precision agriculture enabling technologies in Swiss plant production”, <https://doi.org/10.1007/s11119-020-09723-5>
- Hassan F. Qusay, 2018, Internet of Things A to Z, Technologies and Applications, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, ISBN: 97811119456742, John Wiley & Sons, Inc.
- Hroob Ibrahim, Polvara Riccardo, Molina Sergi, Cielniak Grzegorz, Hanheide Marc, 2021, “Benchmark of visual and 3D lidar SLAM systems in simulation environment for vineyards” Lincoln Center for Autonomous Systems, University of Lincoln, UK
- Patel Jitali, Patel Ruhi , Shah Saumya, Patel Jigna, “Big data analytics for advanced viticulture”, *Scalable Computing: Practice and Experience*, ISSN 1895-1767 Volume 22, Issues 3, pp. 302–312, <https://doi.org/DOI10.12694:/scpe.v22i3.1856>
- Paksoy Turan, Kochan Cigdem Gonul, Sadia Samar Ali (2021), “Logistics 4.0 - Digital Transformation of Supply Chain Management” ISBN 9780367340032, CRC Press.
- Pulido Rodríguez, F.J.; Garrido Mora, A.B.; Miret González, M.L.; Heredia, F.J. “Research Progress in Imaging Technology for Assessing Quality in Wine Grapes and Seeds”. *Foods* 2022, 11, 254. <https://doi.org/10.3390/foods11030254>
- Ranaweera K.R., Gilmore Adam M. , Susan E.P. Bastian, Capone Dimitra L. Jeffery David W. “Spectrofluorometric analysis to trace the molecular fingerprint of wine during the winemaking process and recognise the blending percentage of different varietal Wines” <https://doi.org/10.20870/oenone.2022.56.1.4904>
- Rovira-Más, F. Saiz-Rubio, V. Cuenca-Cuenca, A. “Sensing Architecture for Terrestrial Crop Monitoring: Harvesting Data as an Asset”. *Sensors* 2021, 21, 3114. <https://doi.org/10.3390/s21093114>
- Schwab Klaus, 2019, The Fourth Industrial Revolution ISBN: 9781944835019, World Economic Forum
- Summerson, V.; Gonzalez Viejo, C.; Torrico, D.D.; Pang, A.; Fuentes, S. Digital Smoke Taint “Detection in Pinot Grigio Wines Using an E-Nose and Machine Learning Algorithms Following Treatment with Activated Carbon and a Cleaving Enzyme”. *Fermentation* 2021, 7, 119. <https://doi.org/10.3390/fermentation7030119>
- Sung Youl-Moon, Kim Taioun, 2022, «Smart farm realization based on digital twin» *Innovative Computing, Information and Control* <https://doi.org/10.24507/icicelb.13.04.421>

- Tanwar Sudeep (2021), “Blockchain for 5G-Enabled IoT The new wave for Industrial Automation” ISBN 978-3-030-67489-2, <https://doi.org/10.1007/978-3-030-67490-8>
- Trilles Sergio Oliver , González-Pérez Alberto , Huerta Joaquín Guijarro , 2019, “Adapting Models to Warn Fungal Diseases in Vineyards Using In-Field Internet of Things (IoT) Nodes” *Sustainability* 2019, 11, 416; <https://doi.org/10.3390/su11020416>
- Valcárcel-Muñoz, M.J.; Guerrero-Chanivet, M.; Rodríguez-Dodero, M.d.C.; García-Moreno, M.d.V.; Guillén-Sánchez, D.A. “Analytical and Chemometric characterization of Fino and Amontillado Sherries during Aging in Criaderas y Solera System”. *Molecules* 2022, 27, 365. <https://doi.org/10.3390/molecules27020365>
- Viejo Gonzalez Claudia, C.; Fuentes,S. 2022,“Digital Assessment and Classification of Wine Faults Using a Low-Cost Electronic Nose, Near-Infrared Spectroscopy and Machine Learning Modelling”. *Sensors* 2022, 22, 2303. <https://doi.org/10.3390/s22062303>
- Walker Russell (2015), “From big data to big profits. Success with Data and Analytics” Oxford University Press ISBN 9780199378326